

Emisión teórica de metano en tres sistemas de invernada para engorda de ganado en Argentina

Hugo von Bernard¹, Virginia Vilarino² y Gervasio Piñeiro³

¹Escuela para graduados (EPG), Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. San Martín 4453, CP:C1417DSE, Buenos Aires, Argentina. ²Consultor privado, Av. Córdoba 1470, Piso 6°, Departamento L, CP 1055, Buenos Aires, Argentina. ³Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA), Facultad de Agronomía, UBA y CONICET.

Abstract

H. von Bernard, V. Vilarino, and G. Piñeiro. 2007. Theoretical emission of methane in three systems to fatten cattle in Argentina. Cien. Inv. Agr. 34(2):121-129. In this study, the total annual and theoretical emission of methane (CH₄) was estimated for cattle subjected to three winter fattening systems used in Argentina. These were extensive, semi-intensive and intensive fattening systems. The estimated annual emission was expressed as animal, live weight, cattle area and surface area used. The crude energy (CE) consumption was estimated on the basis of the method proposed by the Intergovernmental Panel for the Climatic Change (IPCC), and also following the cow equivalent (cE) adapted to the Argentine conditions in this study. To calculate the cE, the annual consumption of concentrates and forage of all the animals present in the farm was considered. At the same time, the digestibility of the consumed foods and the conversion factor of crude energy to methane suggested by IPCC were used. To estimate CH₄ emission from the CE consumptions, the conversion CE factor (Y_m) suggested by the IPCC, and a second factor (proposed in this study) were used. Independently of the method used to estimate CH₄ emission, the results obtained indicate that methane emission, expressed as animal and live weight produced, was higher in the extensive systems; however, the estimation of CH₄ emission was greater in the intensive systems in terms of cattle area and used surface area. These results are important considering that eventually the emission of CH₄ will be punished as a means to prevent the development of the greenhouse effect. Thus, it will be necessary to define how to measure and express these results. Today, some people suggest the intensification of animal production in order to reduce the emission of CH₄ per animal without considering the emission per cattle area or utilized area and without considering the origin of the livestock feed.

Key words: Bovine, cattle, fattening systems, methane, methane emission by animal.

Introducción

Los gases que emiten los bovinos, por ejemplo anhídrido carbónico (CO₂) y metano (CH₄) se diferencian en cantidad, por su efecto invernadero (EI) y por la distribución espacial de sus efectos. El CH₄ se genera por la degradación de los carbohidratos presentes en los alimentos y la descomposición anaeróbica

de las excretas (Müller y Bartsch, 1999; de Lima, 2002; McGinn *et al.*, 2004). Su determinación se realiza a través del uso de máscaras (Johnson y Johnson 1995) o se estiman por medio del uso de fórmulas y coeficientes derivados de la energía bruta (EB) consumida por los animales (Berra *et al.*, 1999; Sharma *et al.*, 2002; Ulyatt *et al.*, 2002). La emisión de metano se estima generalmente según las fórmulas del IPCC (IPCC 1996) o del equivalente vaca (EV). El EV considera los requerimientos de mantenimiento y producción de un animal y permite realizar comparaciones entre diferentes categorías de

animales y balances forrajeros (Cocimano *et al.*, 1983).

En Argentina, la carne bovina es un producto no diferenciado (*commodity*) cuyo precio tiende al costo de producción. Debido a que la emisión de CH₄ representa una pérdida de energía en los sistemas ganaderos, se intenta minimizarla a través de una mayor concentración energética en la alimentación (sistemas más intensivos de invernada) (Palliser y Woodward, 2002). En ese contexto, mientras el ganadero busca su sustentabilidad económica e intensifica la producción, la sociedad persigue la sustentabilidad social (Naredo, 2006). Sin embargo, como la sociedad no genera incentivos que fomenten la sustentabilidad ambiental de las actividades productivas, el productor se abstiene de hacerlo (Aylward *et al.*, 1999; Ghida Daza, 2003).

La invernada vacuna argentina se realiza normalmente sobre pasturas perennes y cultivos forrajeros anuales, con o sin suplementación estratégica de energía por otros medios. Sin embargo, en estos últimos años en respuesta a una baja relativa del precio de los suplementos energéticos con respecto a la carne, la invernada se intensificó. La intensificación de la invernada lleva al encierre de bovinos en sistemas intensivos (*feedlots*), al aumento de la calidad y cantidad de la dieta animal y a una reducción de la emisión total de CH₄. Según la metodología propuesta por el IPCC (1996), se emitieron 2.577.346 ton de CH₄ en 1997 en Argentina, siendo 1,4 y 6,0% inferiores a las emisiones de 1990 y 1994, respectivamente. Esto se atribuyó a una supuesta mayor eficiencia en el manejo ambiental (Berra y Finster, 2003).

La contaminación es directamente criticada por la comunidad debido a que afecta negativamente la calidad de vida. Además, la contaminación también preocupa a las Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) por cuanto es un riesgo contra la sustentabilidad ambiental global. No obstante, en los sistemas de producción intensivos casi todo el alimento consumido proviene de lugares situados a cientos o miles de kilómetros. Pocos trabajos sobre emisión de CH₄ por bovinos reconocen esta situación. Esto involucra gasto energético en el transporte de

alimento y deja sin utilizar una gran cantidad de fibra en forma de rastrojos. Tampoco se menciona que la concentración animal hace que la emisión de gases tenga un mayor efecto invernadero (EI) por unidad de superficie en comparación con los sistemas pastoriles.

El objetivo de este trabajo fue estimar la cantidad anual teórica de CH₄ emitido en tres sistemas de invernada utilizados en Argentina. Al mismo tiempo se analiza su incidencia por animal, peso vivo producido, superficie ganadera y superficie utilizada.

Materiales y métodos

La determinación de CH₄ emitido por los bovinos se realizó sobre la base de la energía bruta (EB) consumida. Para ello, se usó la fórmula del IPCC (1996) y el equivalente vaca (EV) (Cocimano *et al.*, 1983).

La determinación de la cantidad de CH₄ emitido se calculó a través de un factor de emisión de CH₄ (Y_m) que relacionó la digestibilidad del alimento con la cantidad de CH₄ producido. En este trabajo se utilizó dos tipos de Y_m, aquellos formulados por el IPCC (1996) e índices desarrollados por los autores, teniendo en cuenta la digestibilidad del alimento en los distintos sistemas de invernada utilizados en Argentina y en forma similar a lo propuesto por Boadi *et al.* (2001).

Los valores de Y_m usados por el IPCC fueron: 0,065 (6,5%) para los sistemas pastoriles y 0,03 (3,0%) para los sistemas intensivos de alimentación. Esto tiene importancia cuando se determina la emisión de metano por parte de la ganadería vacuna de un establecimiento o de un país.

La pérdida del 6% de la EB consumida como CH₄ es un valor alto (Westberg *et al.*, 2001; Mangino, 2003). Por lo tanto, basados en la mayor digestibilidad de la dieta de invernada con respecto a la de cría, se propuso un Y_m de 0,03 (3,0%) para los sistemas intensivos (*feedlots*) al igual que el valor Y_m propuesto por IPCC (4,0%). Para los sistemas semi-intensivos y extensivos se propuso 0,04 (4,0%) y 0,05 (5,0%), respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Digestibilidad del alimento y factores usados (Ym) para estimar la emisión de metano (CH₄) por el ganado bovino en tres tipos de invernadas en Argentina.

Table 1. Food digestibility and factor (Ym) use to estimate methane (CH₄) emission produced by bovine cattle in three types of winter pasture in Argentina .

Tipo de invernada ¹	Digestibilidad del alimento %	Ym ² de CH ₄
Extensiva	60	0,05
Semi - intensiva	70	0,04
Intensiva	80	0,03

¹Invernada extensiva, animales alimentados solamente a forraje. Invernada semi-intensiva, animales alimentados un 90% con forraje y el 10% restante con concentrados. Invernada intensiva, animales alimentados en un 90 % con concentrados y un 10 % con forraje. En el año, se consideran tres ciclos de cerca de 120 días.

²Ym, factor de emisión, relaciona el consumo de energía bruta del alimento con la emisión de CH₄.

¹Extensive fattening system, animals were fed only by forage. Semi-intensive fattening system, animals were fed with 90% forage and 10% concentrate. Intensive fattening system, animals were fed with 90% concentrate and 10% forage. In one year, three cycles of 120 days take place.

²Ym, emission factor that relates the gross energy consumed to CH₄ emission.

Tipos de invernada considerados en este estudio

Las invernadas bovinas argentinas son descritas como sistemas de producción extensivos, semi-intensivos e intensivos de acuerdo con la cantidad y calidad de alimentos que reciben los animales (Torroba, 1988). En este trabajo, se asumió que: 1. Todos los campos se encuentran en la misma zona, 2. Los animales se venden terminados con 4 a 8 mm de grasa subcutánea y 3. Ningún sistema presentó mortandad. Por otra parte, se asumió que la cantidad y calidad del alimento que se les entregó satisfizo las necesidades para la ganancia diaria de peso estipulada.

En la invernada extensiva los animales obtuvieron más del 90% de su alimento de pastizales, pasturas y verdeos. Los verdeos son forraje sembrados y usualmente consumido en menos de ocho meses de invierno, compuestos por algún cereal en pie como avena, cebada o centeno. El 10% restante lo obtuvieron de reservas forrajeras (rollos, fardos) y/o rastros de cosecha (Torroba, 1988). En esta modelización, se estudió el consumo anual de 1200 terneros de raza británica de tamaño

medio, entrando sistema con 180 kg de peso vivo (PV) y vendidos 18 meses más tarde con 460 kg. Existió superposición de categorías en parte del año. Para ello se necesitaron 855 ha de pasturas y 190 ha de verdeos (VI) que sólo se usaron 9 de los 12 meses del año. En total se consideraron 998 ha en este modelo. En el invierno, los animales se suplementaron con 200 kg de materia seca (MS, seca a 60°C hasta obtener un peso constante) de rollos obtenidos en el propio campo (von Bernard, 2006).

En la invernada semi-intensiva, los animales recibieron el 10% de su alimento como granos, o restos de cosecha (Torroba, 1988). En este modelo, todos los años se compraron 2200 terneros de raza británica de tamaño medio de 180 kg de PV. Se los invernó durante 14 meses, hasta un peso de 420 kg. Por lo tanto, existió superposición de categorías durante 2 meses. Este campo posee 855 ha de pasturas, a lo que se le agregan 190 ha de verdeos que sólo se usan 9 de los 12 meses del año, equivalente a 112 ha de maíz. En total 1110 ha. Los 2200 animales se suplementan a razón de 4 kg·día⁻¹ de maíz durante los últimos 120 días previos a la faena (von Bernard, 2006).

En la invernada intensiva los animales recibieron 90% de su alimento en concentrados energéticos y 10% como forraje (Torroba, 1988). En este modelo, se partió de un establecimiento de 5 ha con corrales para realizar el invernaje. Se dispuso de una hectárea con una laguna de decantación en tres circuitos de 1000 terneros de raza británica de tamaño medio por vez. El PV inicial fue de 180 kg. Se vendieron como terneros bolita que son animales para mercado interno, no exportables, engordado en sistema intensivo hasta 280 a 345 kg de PV. Para cubrir las necesidad total de maíz (1.828 ton) se necesitaron 261 ha que, como se usaron solo 9 meses en el año, correspondieron a 195 ha·año⁻¹. El 10% del alimento restante se proporcionó en rollos que correspondieron 28 ha, ya que 203.173 kg MS de forraje por 600 kg MS por rollo totalizan 338 rollos. Considerando que se producen 12 rollos por ha·año⁻¹, se necesitaron 28 ha con este propósito. En total fueron 230 ha, compuestas por 195 ha de maíz, 28 ha de forraje para rollos y 6 ha de instalaciones generales (von Bernard, 2006).

Si la emisión de CH₄ ocurre donde se obtuvieron los alimentos, su emisión se debería evaluar respecto de esa superficie. En cambio, si la emisión de CH₄ se realiza lejos de la superficie ganadera se deberá considerar la superficie real ocupada. En este caso, la emisión de gases de una gran superficie se ha concentrado en un solo lugar.

Estimación de la energía bruta y cálculo de la emisión de CH₄ bajo distintos niveles de intensificación

El IPCC (1996) utiliza para el cálculo de la energía bruta (EB) consumida (MJ·día⁻¹), empleando la ecuación (1):

$$EB(MJ / día) = \left[\frac{(EN_m + EN_{al})}{EN} + \frac{EN_c}{EN_c} \right] \cdot 100\% DE \quad (1)$$

dónde EN es energía neta, ED es energía digestible (ED = EB- energía en las fecas (EF)), EN_m es energía neta de mantenimiento, EN_{al} es

energía neta del alimento, EN_c es energía neta para el crecimiento. La EN corresponde a la energía metabolizable (EM) menos la perdida por calor, siendo la EM = ED-energía en la orina (EU).

De acuerdo con esta fórmula se estimó la energía bruta (EB) requerida por los animales, en función de la EN_c necesaria para alcanzar la ganancia diaria de peso (GDP) (kg·día⁻¹) especificada en los distintos tipos de invernada. El consumo de EB de todos los animales que se encuentran en cada sistema de invernada se evaluó como equivalente vaca (EV) (Cocimano *et al.*, 1983) (Cuadro 2). En este cálculo, se consideró a todos los animales, su peso en cada momento del año, su ganancia diaria de peso (GDP) en distintos momentos del año y el forraje más suplemento que los animales deben consumir para alcanzar esas GDP. Los EV anuales consumidos en cada sistema de invernada se transformaron en Mcal de energía metabolizable (EM), al multiplicarlos por su equivalente energético 18,54 Mcal de EM por

Cuadro 2. Consumo de alimentos y emisión de metano (CH₄) estimado en ganado bovino en diferentes tipos de invernadas en Argentina.

Table 2. Food consumption and methane (CH₄) emissions for each type of winter fattening system used in Argentina.

Parámetros ¹	Tipo de invernada ²		
	extensiva	semi-intensiva	intensiva
Tiempo de invernada, días	563	440	3*121
Consumo equivalente vaca (EV)	593.148	788.106	331.740
Energía metabolizable de forraje (EM), Mcal	10.996.964	11.637.725	1.011.260
Materia seca total de granos (MS), kg	0	929.300	1.606.000
Energía metabolizable consumida (EM), Mcal	10.996.964	14.611.485	6.150.460
Energía metabolizable de granos (EM), Mcal	0	2.973.760	5.139.200
Materia seca total de granos (MS), kg	0	929.300	1.606.000
Materia seca total de forraje (MS), kg	4.781.288	5.059.880	439.678
Materia seca consumida (MS), kg·ha ⁻¹	4.790	5.070	377.446
Energía bruta (EB), Mcal·año ⁻¹	19.158.474	25.455.549	9.375.701
Energía bruta (EB), Mj·año ⁻¹	80.159.054	106.506.018	39.227.931
CH ₄ total emitido, kg	95.787	127.261	22.147

¹Valores según von Bernard (2006). EV, considera los requerimientos de mantenimiento y producción de un animal y permitió realizar comparaciones entre diferentes categorías de animales y balances forrajeros. Equivale a 18,54 Mcal de EM [EM = EB-EF (materia fecal)-EU (orina)]. MS, alimento seco a 60°C hasta peso constante. EB = energía total del alimento medido por bomba calorimétrica.

²Invernada extensiva, animales alimentados solamente a forraje. Invernada semi-intensiva, animales alimentados un 90% con forraje y el 10% restante con concentrados. Invernada intensiva, animales alimentados en un 90% con concentrados y un 10% con forraje. Se consideran tres ciclos, de cerca de 120 días, en el año.

³Values were according to von Bernard (2006). cE, consumption of cow equivalent, considering the requirement for maintenance and production of one animal that allowed a comparison to be made between categories and different forage balances. ME is equivalent to 18.54 Mcal [EM = CE-FE (fecal energy)-UE (urine energy)]. DM, food dries at 60°C until to obtain constant weight. CE = total energy of food determined by means of a calorimetric pump.

²Extensive fattening system, animals were fed only by forage. Semi-intensive fattening system, animals were fed with 90% forage and 10% concentrate. Intensive fattening system, animals were fed with 90% concentrate and 10% forage. In one year, three cycles of 120 days take place.

EV (Cocimano *et al.*, 1983). Para convertir las Mcal de EM en Mcal de EB se dividió el valor de la EM por la digestibilidad del alimento considerado y por 0,82 que representó la proporción que no se pierde como gases y orina. La transformación a Mjoulles (MJ) de las Mcal de EB consumidas se obtuvo multiplicando cada Mcal de EB por 4,184 (Cuadro 2).

A partir de los MJ de la EB consumida se estimó las emisiones de CH₄ usando la metodología y los valores recomendados por el IPCC (1996) y los valores previamente sugeridos por los autores (Cuadro 1). Los MJ de EB consumida se convirtieron en CH₄ de acuerdo con la ecuación (2) del IPCC:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \frac{(\text{Consumo EB (MJ.día}^{-1}) \times Y_m \times 365 \text{ (días.año}^{-1})}{55,65 \text{ MJ.kg}^{-1} \text{ de CH}_4} \text{ (kg.año}^{-1}) \quad (2)$$

En esta ecuación, Y_m, fue el factor de conversión de la EB consumida en CH₄. Este valor varió entre el 3,0 y el 6,5% de lo consumido (Johnson y Johnson, 1995; IPCC, 1996; Mangino, 2003). Para calcular las emisiones de CH₄, el consumo anual medido en MJ se dividió por 55,65 MJ·kg⁻¹ que correspondieron a cada kg de CH₄ emitido.

De la emisión anual de CH₄ de cada sistema se derivó el peso en kg de CH₄ emitidos por kg de PV producido, por cabeza, por superficie ganadera y por superficie utilizada. La superficie ganadera se definió como la superficie total necesaria para proveer de alimentos a los animales, mientras que la superficie utilizada hace referencia a la superficie donde se encuentran los animales, independientemente de donde se obtuvo los alimentos.

En la práctica, al valor de CH₄ emitido directamente por los rumiantes, se le suma la emisión de un kg de CH₄ por animal y por año, como consecuencia de la emisión por parte de la material fecal de cada animal (Berra *et al.*, 1999; Berra y Finster, 2003). Si bien se estimó la cantidad de excretas producidas por animal teniendo en cuenta las características del alimento, consumo y digestibilidad, sobre la base de su MS, hay que tener en cuenta que el CH₄ del estiércol se produce por la descomposición anaeróbica del mismo (Hansen *et al.*, 2002).

Por lo tanto, un kg de CH₄ por animal y por año, en todos los sistemas de invernada analizados, supuso asumir que la casi totalidad del estiércol quedó depositado directamente en las pasturas, descomponiéndose aeróbicamente y produciendo menos CH₄ que las heces húmedas del sistema intensivo de alimentación.

Resultados y discusión

En este trabajo se determinó el consumo teórico de equivalente vaca (EV), la ganancia diaria de peso (GDP) en diferentes invernadas, extensivas, semi-intensivas e intensivas, en Argentina. Por medio del EV, se calculó el consumo de EB (Cuadro 2). De acuerdo con estos resultados el mayor consumo anual lo presentó la invernada semi-intensiva, seguida por la invernada extensiva e intensiva.

Los valores de Y_m propuestos en este estudio se indican en el Cuadro 1. El Y_m según lo propuesto por IPCC (1996) para la invernada extensiva y semi-intensiva fue 6% de lo consumido, y en la invernada intensiva fue el 3% (Cuadro 3). En el Cuadro 2 se presenta el consumo de alimentos y la emisión estimada de CH₄ por el ganado bovino en diferentes tipos de invernadas de Argentina.

La emisión teórica de CH₄, partiendo de la metodología de cálculo del EV para la determinación de la EB consumida, se presenta en el Cuadro 3. Para la transformación de los MJ de EB en CH₄ se utilizaron los Y_m del IPCC y los propuestos por los autores. Se destaca la influencia del valor del Y_m sobre la estimación de la emisión de CH₄.

Si se toma como Y_m de CH₄ los valores propuestos previamente por los autores, 3, 4 y 5% para las invernadas intensiva, semi-intensiva y extensiva, respectivamente (Cuadro 1) se obtendrán los resultados que se muestran en los Cuadros 3 y 4. En todos los casos, en las invernadas pastoriles, extensivas y semi-intensivas, la emisión de CH₄ estimada fue menor que la propuesta por el IPCC (1996).

En el Cuadro 4 se utilizaron los valores resultantes de la fórmula (1) del IPCC (1996) por un lado y del EV por el otro para el cálculo de

Cuadro 3. Emisión de metano (CH_4) estimado para diferentes tipos de invernadas en Argentina, partiendo del consumo determinado por el equivalente vaca (EV), empleando el factor de conversión (Y_m) propuesto por el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) y el factor propuesto en este trabajo.

Table 3. Estimated methane (CH_4) emissions for different fattening systems used in Argentina based on animal consumption determined by cow equivalent (cE), using the conversion factors (Y_m) suggested by the *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) and the factors proposed in this study.

Tipo de invernada ¹	Emisión de metano (CH_4)				
	Total ton	Por kilo producido g	Por animal kg	Por hectárea utilizada kg	Por hectárea ganadera kg
<i>Estimado según el factor de emisión (Y_m) del IPCC (1996):</i>					
Extensiva	95,78	280	44,35	96	96
Semi-intensiva	127,26	240	44,50	115	115
Intensiva	22,14	60	22,15	3691	615
<i>Estimado según el factor de emisión (Y_m) propuesto en este trabajo:</i>					
Extensiva	74,18	220	34,34	74	74
Semi-intensiva	79,41	150	27,77	72	72
Intensiva	22,14	60	22,15	3691	615

¹Valores según von Bernard (2006). Invernada extensiva, animales alimentados solamente a forraje. Invernada semi-intensiva, animales alimentados un 90% con forraje y el 10 % restante con concentrados. Invernada intensiva, animales alimentados en un 90 % con concentrados y un 10 % con forraje. Se consideran tres ciclos, de cerca de 120 días, en el año. Se consideró los valores de transformación de la EB en CH_4 del IPCC (1996).

¹Values were according to von Bernard (2006). Extensive fattening system, animals were fed only by forage. Semi-intensive fattening system, animals were fed with 90% forage and 10% concentrate. Intensive fattening system, animals are fed with 90% concentrate and 10% forage. In one year, three cycles of 120 days take place. Values of forage energy transformation in methane were used according to the IPCC (1996).

la EB consumida en cada una de las invernadas analizadas. En ambos casos se ponderaron por los Y_m del IPCC y los propuestos por los autores.

De la comparación de los Cuadros 3 y 4 se desprende que: a. La estimación de la emisión total anual de CH_4 fue mayor usando los Y_m del IPCC y menor con los valores propuestos por los autores, excepto en la invernada intensiva. En este último caso, se usó el mismo valor Y_m . b. Independientemente del Y_m usado, el sistema de invernada que mayor cantidad total de CH_4 emitió fue el semi-intensivo. c. El sistema de invernada que menos CH_4 emitió por animal y por kg de producto fue la invernada intensiva. d. El sistema que menos CH_4 emitió por superficie ganadera fue el sistema de pastoreo extensivo.

Por lo tanto, mientras la emisión de CH_4 por peso vivo producido y por animal aumentó a medida que se utilizó un sistema de producción extensivo, pero se redujo la emisión estimada por hectárea ganadera y superficie utilizada. Estas diferencias son especialmente importantes en el caso de los sistemas intensivos donde la

superficie ganadera y la superficie utilizada no siempre concuerdan en el espacio y en el tiempo. En algunos casos, la producción y el consumo de los alimentos que reciben los animales está separada por cientos o miles de kilómetros. Como el engorde intensivo de animales emite una gran cantidad de CH_4 por superficie ganadera utilizada, si este CH_4 fue fijado como CO_2 en otros países, los animales actúan como contaminadores ambientales locales.

Cabe destacar las diferencias en la emisión total de CH_4 , dependiendo del método que se utilice para determinarla, para los sistemas extensivo y semi-extensivo, los valores máximos de emisión de CH_4 se dan cuando se utiliza la metodología IPCC para el cálculo de la EB consumida y los Y_m en CH_4 del IPCC (1996). En cambio, cuando se utiliza la metodología del EV para la determinación del consumo adaptado a las condiciones locales y los Y_m en CH_4 propuestos por los autores, las emisiones muestran valores más bajos.

De acuerdo con los diferentes Y_m de CH_4 , las diferencias entre los valores mínimos y

Cuadro 4. Estimación de la emisión anual de metano (CH₄) por bovino según distintos metodologías de análisis.

Table 4. Estimation of the annual emission of methane (CH₄) by bovine cattle according to different methods of analysis.

Factor de conversión	Emisión estimada de kg de CH ₄ por animal·año ¹ en los siguientes tipos de invernada ¹		
	Extensiva	Semi-intensiva	Intensiva
<i>Consumo IPCC²</i>			
Ym IPCC	55,42	46,29	17,71
Ym propuestos	42,63	28,48	17,71
<i>Consumo EV²</i>			
Ym IPCC	43,35	43,50	21,15
Ym propuestos	33,34	26,77	21,15

¹Invernada extensiva, animales alimentados solamente a forraje. Invernada semi-intensiva, animales alimentados un 90% con forraje y el 10% restante con concentrados. Invernada intensiva, animales alimentados en un 90% con concentrados y un 10% con forraje. Se consideran tres ciclos, de cerca de 120 días, en el año. Se consideró los valores de transformación de la EB en CH₄ según IPCC (1996).

²Emisión estimada de kg de metano por animal mediante metodología IPCC (1996) para el cálculo de la energía bruta (EB) consumida [ecuación (1)] y usando los factores de conversión (Ym) de metano propuestos por el IPCC y los propuestos por los autores en la ecuación (2). En este caso no se consideró el metano eliminado por las excretas. Equivalente vaca (EV), valor que consideró los requerimientos de mantenimiento y producción de un animal y que permitió realizar comparaciones entre diferentes categorías de animales y balances forrajeros. Ym, factores que relacionan la digestibilidad del alimento con la emisión de CH₄.

¹Extensive fattening system, animals were fed only by forage. Semi-intensive fattening system, animals were fed with 90% forage and 10% concentrate. Intensive fattening system, animals are fed with 90% concentrate and 10% forage. In one year, three cycles of 120 days take place. Values of forage energy transformation in methane were used according to the IPCC (1996).

²Estimated methane emission (kg) per animal by means of the IPCC methodology (1996) for calculating the gross energy and using the values of methane conversion of the IPCC and the one suggested by the authors. In this case, the methane eliminated does not consider excretions.

máximos de emisión de CH₄ puede tener una fuerte implicancia al estimar las emisiones totales de CH₄ del sector ganadero bovino de un país. En ese caso, habrá que determinar primero la proporción de bovinos que se alimentan sobre: a. pasturas naturales (pastizales), b. pasturas implantadas, c. pasturas implantadas más suplementos energéticos y d. en sistemas productivos intensivos. Con ello se podrá determinar en consumo de EB de cada grupo y luego, con los diversos Ym, determinar la emisión total de CH₄ por grupo y por país.

Por lo tanto, los resultados de este trabajo permiten concluir que existen variaciones considerables en la estimación de la cantidad de CH₄ teórico total emitido por los animales. Esto depende de la alimentación, la metodología de determinación de la EB consumida y del Ym que se utilice en cada sistema de producción. La estimación del CH₄ emitido tendrá cada vez mayor importancia en la medida que se decida castigando la mayor emisión de CH₄ como estrategia para prevenir el efecto invernadero (EI) en el mundo.

Resumen

En este trabajo se modeló la emisión teórica, total y anual de metano (CH₄) proveniente de bovinos en tres sistemas de invernadas comúnmente empleadas para engorda de ganado vacuno en Argentina. Estos fueron sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos. La emisión anual estimada, se expresó por animal, peso vivo producido, superficie ganadera y superficie utilizada. El consumo de energía bruta (EB) se estimó se acuerdo con el método propuesto por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) y del equivalente vaca (EV) adaptado a las condiciones argentinas en este estudio. Para el cálculo del EV, se tuvo en cuenta el consumo anual de forraje y concentrados de todos los animales presentes en un establecimiento ganadero; como asimismo, la digestibilidad de los alimentos consumidos. Para estimar la emisión de CH₄ a partir del consumo de EB, se usó el factor de conversión (Ym) de EB en CH₄ sugerido por IPCC. Además, se usó un segundo factor propuesto en este trabajo. Independiente del método para estimar la emisión de CH₄, los

resultados obtenidos indicaron que la emisión expresada por animal y por peso vivo producido fue mayor en los sistemas de producción extensivos. Sin embargo, la emisión de CH₄ estimada por superficie ganadera o superficie utilizada fue mayor en los sistemas intensivos de producción. La importancia de este aserto reside en que eventualmente se sancionará las altas emisiones de CH₄ como medida para prevenir el efecto invernadero. Cuando esto suceda habrá que definir, en el caso de la ganadería vacuna, como medir y expresar estos resultados. Actualmente, algunos proponen intensificar la producción animal para reducir la emisión de CH₄ por unidad de producto animal, sin considerar la emisión por superficie ganadera o por superficie utilizada y sin considerar el origen de los alimentos.

Palabras clave: Bovinos, emisión de metano, engorda animal, sistemas de invernada.

Literatura citada

- Aylward, B., J. Echeverría, K. Allen, R. Mejías, and I.-T. Porras. 1999. Market and policy incentives for livestock production and watershed protection in arenal, Costa Rica. CREED, Programa de Investigación en Colaboración en Economía del Medio Ambiente, Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (IIMAD). Working Paper No 25. London, England. www.iiad.org/creed. (Consultado en julio 2002).
- Berra, G. y L. Finster, 2003. La ganadería argentina y la emisión de gases efecto invernadero. *Revista Idia (Argentina)* 21:212-215.
- Berra, G., L. Finster, E. Castuma y V. Maldonado. 1999. Reducción de Emisiones de Metano Provenientes del Ganado Bovino. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Argentina. 142 pp.
- Boadi, D.A., K.M. Wittenberg, and W.P. McCaughey. 2000. Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF₆) tracer gas technique. *Canadian Journal of Animal Science* 82:151-157.
- Cocimano, M., A Lange y E. Menvielle. 1983. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos. Asociación Argentina de Consorcio Regional Experimentación Agropecuaria (AACREA), Argentina. 25 pp.
- de Lima, M. A. 2002. Metano de bovinos é monitorado. *Jornal o Estado de São Paulo*. 13 de noviembre. Brasil.
- Ghida Daza, C. 2003. ¿Ganancia o sostenibilidad? Un análisis económico de estrategias agrícolas. Área Economía, Estadística e Informática. Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Marcos Juárez. INTA. Argentina. 8 pp.
- Hansen, M. N., S.G. Sommer, and K. Henriksen. 2002. Methane emissions from livestock manure - effects of storage conditions and climate. *Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries*, Helsingør, Denmark. Pages 45-53. In: P. Søren, and O. Jørgen (eds.), DIAS Report, plant production 81. Danish Institute of Agricultural Sciences. Denmark.
- IPCC. 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. Intergovernmental Panel on Climate Change. Suiza. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/public.htm. 76 pp. (Consultado en marzo de 2007).
- Johnson, K.A., and D.E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2483-2492.
- Mangino, J. 2003. USEPA Cattle Enteric Fermentation Model (CEFM). Non-CO₂ Gases and Sequestration Branch. Environment Protection Agency (EPA), April 30. USA. 19 pp.
- 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. *J. Anim. Sci.* 82:3346-3356.
- Müller, B., U. Bartsch. 1999. The Modelling of Anthropogenic Methane Emissions: Methodology and Estimates. Oxford Institute for Energy Studies. Oxford, England. 35 pp.
- Naredo, J.M. 1997. Sostenibilidad, diversidad y movilidad horizontal en los modelos de uso del territorio. <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a006.html>. (Consultado en mayo de 2007).
- Palliser, C.C., and S.L. Woodward. 2002. Using models to predict methane reduction in pasture-fed dairy cows. *Proceedings Integrating Management and Decision Support*. Coordinated by Susan M. Cuddy (CSIRO, Australia). Parte 1, vol. 482, p.162-167.
- Sharma, C., A. Dasgupta, and A.P. Mitra. 2002. Inventory of GHGs and other urban pollutants from agriculture and waste sectors in Delhi and Calcutta. *Proceedings of IGES/APN Mega-City Project*. 6 pág. 23-25 January 2002. Kitakyushu, Japan.
- Torroba, J.P. 1988. Invernada. Cuaderno de Actualización Técnica N° 35. Asociación Argentina de Consorcios de Experimentación Agropecuaria (AACREA). Capital Federal. Argentina. 84 pp.

- Ulyatt, M.J., K.R. Lassey, I.D. Shelton, and C.F. Walker. 2002. Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 45: 227-234
- von Bernard, H. 2006. Sustentabilidad de la producción ganadera bovina. ¿Externalizar o internalizar los costos ambientales?. Un estudio en la pampa húmeda. Tesis para optar por el título de Master en Agronegocios y Alimentos. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Westberg, H., B. Lamb, K.A. Johnson, and M. Huyler. 2001. Inventory of methane emissions from U. S. cattle. *Journal of Geophysical Research* 106:12633-12642.