

2022

acodea

Nutrición animal y emisiones de G.E.I.

Propuesta metodológica para el uso de datos
nutricionales en la evaluación de emisiones
directas de metano y nitrógeno atribuibles a la
alimentación animal



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

NUTRICIÓN ANIMAL Y EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

INVESTIGACIÓN SOBRE LA POSIBILIDAD DEL USO DE DATOS NUTRICIONALES DE LA ALIMENTACIÓN ANIMAL PARA LA EVALUACIÓN DE EMISIONES DIRECTAS AL MEDIO NATURAL DE METANO Y NITRÓGENO EXCRETADO EN EXPLOTACIONES GANADERAS CON DIFERENTES SISTEMAS DE GESTIÓN DE ESTIÉRCOL Y DISTINTOS PROTOCOLOS DE ALIMENTACIÓN.

© ACODEA 2022 (algunos derechos reservados)

Las opiniones en esta publicación no representan necesariamente las de la Fundación Acodea

Esta publicación puede ser reproducida con fines no comerciales sin permiso expreso de la Fundación Acodea siempre y cuando se cite la fuente (Cita: "Nutrición animal y emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Propuesta metodológica para el uso de datos nutricionales en la evaluación de emisiones directas de metano y nitrógeno atribuibles a la alimentación animal.- ACODEA - 2022")

CREDITOS IMÁGENES:

Solid Forest, Acodea, o con créditos indicados en la propia imagen

Proyecto subvencionado por Orden de 20 de mayo de 2022 («BOE» núm. 125, de 26 de mayo de 2022) por la que se convoca para el año 2022 la concesión de subvenciones a entidades del Tercer Sector u Organizaciones no Gubernamentales que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental



INTRODUCCIÓN

Los animales, en sus procesos digestivos, producen de forma natural gases como el metano durante la fermentación entérica, y excretan nitrógeno de diversas formas, que posteriormente se transforma en compuestos como óxido nitroso y amoníaco. En la ganadería, se trata por tanto de emisiones directas al ambiente que, aunque se producen de forma natural, afectan al medio en impactos como el cambio climático.

Actualmente, los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero utilizan las guías o Directrices del IPCC, donde se describen detalladamente los métodos recomendados para el cálculo de emisiones por sectores, para calcular y reportar las emisiones estimadas de la ganadería a nivel nacional. En estas guías, revisadas y actualizadas en 2019, se detallan los métodos para calcular las emisiones de metano (CH_4) y de óxido de nitrógeno (N_2O) de la ganadería, y están destinadas a su uso por parte de las administraciones para los Inventarios Nacionales, por lo que dichos métodos de cálculo están adaptados a la realidad que se encuentran las administraciones, es decir, a manejar un gran volumen de datos estadísticos sobre producciones anuales a nivel general por tipo de ganado, población, gestión de estiércol, tipo de producción, rendimientos, etc.

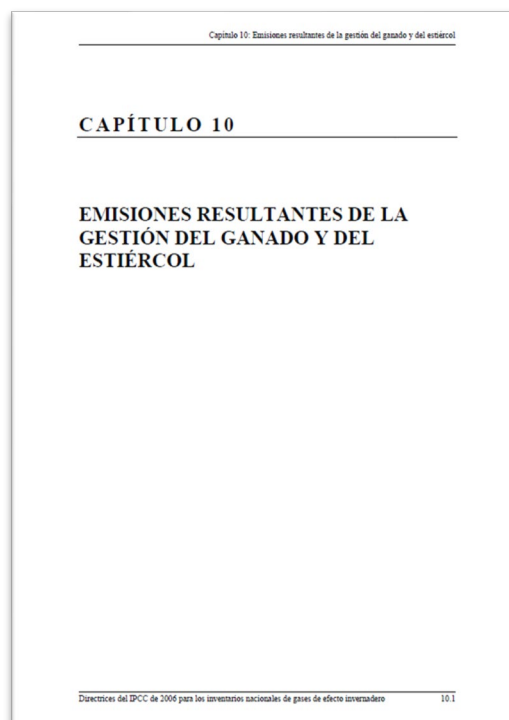


Imagen 1 - Portada del Capítulo 10 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Por esta razón, el método para calcular estas emisiones en ganadería propuesto por el IPCC se basa primordialmente en **caracterizar la población animal** a nivel estadístico, y una vez caracterizada la población, conocer los requerimientos energéticos de la misma y la **energía bruta necesaria** para el desarrollo y actividad del ganado, datos que permiten calcular las emisiones con dos niveles de precisión, denominados simplemente Nivel 1 y Nivel 2 por el IPCC.

Ahora bien, aunque las guías del IPCC están destinadas a su uso por parte de las administraciones de cada país, son utilizadas habitualmente por científicos, técnicos y empresas para calcular las emisiones concretas de explotaciones ganaderas específicas en un determinado periodo de tiempo, que puede ser un año o no, por ejemplo para realizar Declaraciones Ambientales de Producto o para calcular la huella de carbono de una explotación o de un producto como la leche o carne.

Por ello, aunque las Reglas de Categoría de Producto, la Huella Ambiental Europea y la mayoría de normas específicas de evaluación de impactos e inventarios relacionados con el sector ganadero requieren el uso del Nivel 2 según IPCC descrito en el Capítulo 10 de estas Directrices, parece que la caracterización de la población animal para estimar los recursos energéticos en la alimentación para a su vez calcular el metano y el nitrógeno excretado no son necesarios cuando la población es reducida, por ejemplo para un pequeño número de granjas, dado que en estos casos resulta viable conocer la Energía Bruta Ingerida real.

Calcular las emisiones del ganado a partir de un dato real de Energía Bruta, permitiría a los científicos y técnicos elaborar inventarios y cálculos de huella, no solo más precisos, si no más sencillos, al no ser necesario realizar una caracterización adicional y una estimación por tipos, pesos y edades de animal.

En este documento se propone un nuevo método para calcular las emisiones ganaderas, basado en conocimiento científico y experiencias anteriores, que utilice el dato real de Energía Bruta utilizada por los animales, en lugar de un dato estadístico calculado sobre energía necesaria.

METODOLOGÍA IPCC

En los últimos años, el método más utilizado habitualmente para calcular las emisiones del ganado, y específicamente las emisiones de metano entérico y de óxido de nitrógeno del estiércol, era el método de Nivel 1 propuesto en el Capítulo 10 de las Directrices del IPCC.

Simplificando, podemos aproximar que el Nivel 1 es el nivel más sencillo y está basado en tablas de conversión a partir de datos del tipo de animal y otras características como el clima, la productividad y el sistema de gestión de estiércol. De nuevo simplificando, el Nivel 2 se basa en fórmulas más concretas que permiten ser más específico en los cálculos que las tablas, más genéricas. Para utilizar el Nivel 2 es necesario disponer de más datos sobre la población.

A modo de ejemplo, en la siguiente imagen se muestra la tabla para calcular las emisiones de metano entérico del ganado utilizando el método de Nivel 1, tal cual se publica en la revisión 2019 de las guías IPCC 2006, en el Volumen 4- Capítulo 10: “Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol”.

TABLE 10.10 ENTERIC FERMENTATION EMISSION FACTORS FOR TIER 1 METHOD (UPDATED) ^{2,3} (KG CH ₄ HEAD ⁻¹ YR ⁻¹)			
Livestock	High Productivity Systems ¹	Low Productivity Systems	Liveweight ⁷
Sheep	9	5	40 kg – high productivity systems ⁶ 31 kg – low productivity systems ⁶
Swine	1.5	1	72 kg - high productivity systems ⁶ 52 kg - low productivity systems
Goats	9	5	50 kg – high productivity systems ⁵ 28 kg – low productivity systems
Horses	18		550 kg
Camels	46		570 kg
Mules and Asses	10		245 kg
Deer	20		120 kg
Ostrich ⁴	5		120 kg
Poultry	Insufficient data for calculation		
Llamas and Alpacas	8		65 kg
Other (e.g., bison)	To be determined		
All estimates have an uncertainty of ±30-50%.			

Imagen 2 - Tabla 10.10 extraída de las guías del IPCC, para cálculo de emisiones de metano mediante el Nivel 1

En el método de Nivel 2 se requiere una caracterización más específica del ganado, y para el caso del metano entérico en lugar de la tabla anterior se utiliza la siguiente fórmula para calcular un factor de emisión de metano más preciso:

<p>ECUACIÓN 10.21</p> <p>FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO</p> $EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right]$

Donde:

EF = Factor de emisión, en kg CH₄/animal/año

Y_m = Factor de conversión energética del metano en porcentaje, según la tabla 10.12 del IPCC 2006 Ch4 Vol 10 rev 2019

GE = Energía Bruta Ingerida, en MJ por animal y día

Para esta fórmula, el IPCC proporciona información para calcular Y_m y estimar la Energía Bruta, para lo que es necesaria la **caracterización de la población animal** que se indicaba anteriormente. De todo esto, lo más importante es destacar que la Energía Bruta, según el Nivel 2 del IPCC se debe calcular a partir de las necesidades estimadas de energía de cada tipo de animal de la población, puesto que a nivel nacional no es posible conocer la Energía Bruta real ingerida por el ganado.

IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA BRUTA Y DE LA DIGESTIBILIDAD

Pero este cálculo de la energía bruta ingerida (GE) no resulta sencillo. En la Ecuación 10.16 de las guías del IPCC vemos que, para calcular GE se requieren los datos de requerimientos energéticos durante el mantenimiento, actividad, lactancia, trabajo, etc. así como la relación entre energía neta disponible en una dieta y la consumida y la digestibilidad.

EQUATION 10.16
GROSS ENERGY FOR CATTLE/BUFFALO, SHEEP AND GOATS

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{work} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{wool}}{REG} \right)}{DE} \right]$$

Para ello, el IPCC facilita fórmulas para cada una de las variables de la ecuación, hasta un total de 13 fórmulas distintas (de la ecuación 10.3 hasta la 10.15).

Estas fórmulas a su vez, principalmente las referidas al cálculo de energía neta requerida, dependen de distintas tablas de factores predeterminados, así como de características de cada tipología de ganado, como el peso promedio, edad, edad del primer parto, etc. A modo de ejemplo se muestra a continuación la fórmula del IPCC, actualizada en 2019 para calcular la energía neta requerida durante la fase de crecimiento para ovino y caprino:

EQUATION 10.7
NET ENERGY FOR GROWTH (FOR SHEEP AND GOATS) (UPDATED)

$$NE_g = \frac{WG_{lamb/kid} \cdot (a + 0.5b(BW_i + BW_f))}{365}$$

Donde:

NE_g = Energía Neta requerida para el crecimiento, en MJ al día

$WG_{lamb/kid}$ = Ganancia de peso, en kg al año

BW_i = Peso al destete

BW_f = Peso al año o al sacrificio (peso vivo) si se produce antes del año

a,b = Constantes según la Tabla 10.6

Animal species/category	a (MJ kg ⁻¹)	b (MJ kg ⁻¹)
Intact males (Sheep)	2.5	0.35
Castrates (Sheep)	4.4	0.32
Females (Sheep)	2.1	0.45
Goats (all categories)	5.0	0.33
Source: AFRC (1993; 1995).		

Como se puede apreciar, el número de puntos y elementos donde puede producirse una desviación en los datos es muy elevado, lo que hace que el margen de confianza en estos cálculos sea limitado.

Esto no supone un problema para el objetivo inicial de las Directrices del IPCC, que es el cálculo de inventarios nacionales, donde los datos son estadísticos y buscan un seguimiento a largo plazo más que una gran precisión en el cálculo. Pero sí es un problema cuando el método se utiliza para un entorno más pequeño, como una granja o un conjunto de granjas con datos accesibles.

El propio IPCC reconoce¹ en las Directrices que existe un amplio margen de mejora tanto en la evaluación de la caracterización de la alimentación como en los factores de conversión del metano.

Respecto a la **digestibilidad**, en las Directrices del IPCC o se proporciona ningún método de cálculo, aunque sí tablas con amplios rangos por tipo de ganado y alimentación.

Esto supone otro problema adicional de precisión puesto que estos rangos pueden llegar a ser muy amplios dentro de una misma categoría de ganado, por ejemplo, para vacuno y rumiantes que consumen pasto natural o dieta mixta se propone una digestibilidad de entre el 55% y el 80%, a criterio del experto. Dado que la digestibilidad es el divisor final de la ecuación de la Energía Bruta, y la Energía Bruta es un factor multiplicador directo en el cálculo de las emisiones de metano, los errores de estimación en la digestibilidad pueden suponer errores en las emisiones de metano de entre el -31% y el +45%.

¹ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol 4, Ch 10, página 10.50

A su vez, la digestibilidad también se utiliza para calcular los ratios de energía disponible (REM y REG en la ecuación 10.16 del IPCC mostrada anteriormente). Considerando las variabilidades de las tablas para la digestibilidad que se comentaban anteriormente, los ratios de energía disponible pueden incluir desviaciones de entre el -58% y el +37%.

En la revisión 2019 de las directrices del IPCC, se propone un método simplificado, dentro del Nivel 2 para el cálculo del metano, que no requiere de la energía bruta, sino de la ingesta de materia seca (DMI) y de un factor de conversión del metano (MY, medido en gramos de metano por kg de materia seca, disponible en una tabla), en su ecuación 10.21A:

<p>EQUATION 10.21A</p> <p>METHANE EMISSION FACTORS FOR ENTERIC FERMENTATION FROM A LIVESTOCK CATEGORY</p> <p>(NEW EQUATION)</p> $EF = DMI \cdot \left(\frac{MY}{1000} \right) \cdot 365$
--

Este método es más sencillo al no requerir el cálculo de la energía bruta, pero supone una precisión muy baja.

ENERGÍA BRUTA Y DIGESTIBILIDAD REALES

ACODEA es una agriagencia creada en 2009 por iniciativa de dos organizaciones representativas del sector agrario en España, UPA y FADEMUR, y colabora estrechamente con la organización Cooperativas Agro-alimentarias. Además, colabora habitualmente con los principales actores del sector agrícola y ganadero.

Esta posición ha permitido a ACODEA establecer una conversación con organizaciones con amplio conocimiento del sector ganadero, y ha concluido que una gran parte de las granjas en España y en Europa cuentan con una detallada información nutricional sobre la alimentación de sus animales, tanto a través de medios propios como a través de veterinarios, empresas y técnicos especialistas en nutrición.

Por tanto, en la práctica, sí existe información suficiente en las granjas para conocer los datos necesarios para un cálculo más preciso de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero relacionadas con la dieta animal.

Es posible conocer tanto la **Energía Bruta** como la **Digestibilidad** real de la alimentación de los animales. Aunque, según ha podido saber ACODEA a través de las conversaciones con las partes interesadas, las granjas y los nutricionistas no trabajan habitualmente con estos datos, sí es posible deducirlos de forma sencilla a partir de datos que sí se manejan habitualmente.

·CALCULO DE LA ENERGÍA BRUTA

Existen diversos métodos para calcular la energía bruta de un alimento o pienso a partir de otras variables nutricionales. Uno de los métodos más extendidos es el descrito por Benedictus, (1977) como se cita en las últimas ediciones de las Tablas de Alimentación Animal², de la Fundación CVB, desarrolladas por el laboratorio Wageningen Livestock Research (WLR) de Países Bajos y por el instituto Instituut voor Landbouw-, Visserij, en Voedingsonderzoek (ILVO) de Bélgica.

En este método, los datos necesarios para calcular la energía bruta de cualquier pienso o ración administrada al ganado son de uso habitual por los nutricionistas, y son los siguientes:

- Proteína bruta
- Grasa bruta
- Fibra bruta
- Azúcar
- Cenizas
- Materia seca

Todos estos datos están presentes habitualmente en los programas de formulación de raciones que manejan los profesionales de la nutrición animal, por lo que su obtención es sencilla, para cada ración suministrada al animal.

La fórmula para calcular la energía bruta a partir de estos datos es la siguiente:

² CVB Veevoedertabel 2021- Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. CVB Foundation 2021

$$GE = (24.14 \times CP) + (36.57 \times CFAT) + (20.92 \times CF) + (16.99 \times NFE) - (0.63 \times SUG)$$

Fórmula 1.1- Fórmula propuesta para el cálculo de Energía Bruta en una ración

Donde:

- GE = Energía bruta en kJ por kg de materia seca de la ración
- CP = g de proteína cruda por kg de materia seca de la ración
- CFAT = g de grasa cruda por kg de materia seca de la ración
- CF = g de fibra cruda por kg de materia seca de la ración
- SUG = g de azúcar por kg de materia seca de la ración
- NFE = g de Extracto libre de nitrógeno por kg de materia seca de la ración

De todas las variables que conforman la ecuación para el cálculo de la energía bruta de la ración, solo el extracto libre de nitrógeno (NFE) no suele ser medido, y por tanto no es un dato de manejo directo habitual, pero es fácilmente calculable simplemente restando la humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra a la materia seca, tal como muestra la siguiente fórmula, donde 1000 representa 1 kg de materia seca:

$$NFE = 1000 - CP - CFAT - CF - ASH$$

Fórmula 1.2- Fórmula general para el cálculo de NFE

Donde:

- NFE = Extracto libre de nitrógeno en g de materia seca de la ración
- CP = g de proteína cruda por kg de materia seca de la ración
- CFAT = g de grasa cruda por kg de materia seca de la ración
- CF = g de fibra cruda por kg de materia seca de la ración
- ASH = kg de ceniza por kg de materia seca de la ración
- NFE = Extracto libre de nitrógeno

Dado que tanto la fórmula 1.1 como la fórmula 1.2 utilizan muchas variables comunes, se propone una fórmula única unificada, fácilmente implementable en soluciones informáticas, para calcular la energía bruta:

$$GE = \frac{16990 + 7.15 \times CP + 19.58 \times CFAT + 3.93 \times CF - 16.99 \times ASH - 0.63 \times SUG}{1000}$$

Fórmula 1.3- Fórmula general propuesta para el cálculo de Energía Bruta a partir de datos nutricionales

Donde:

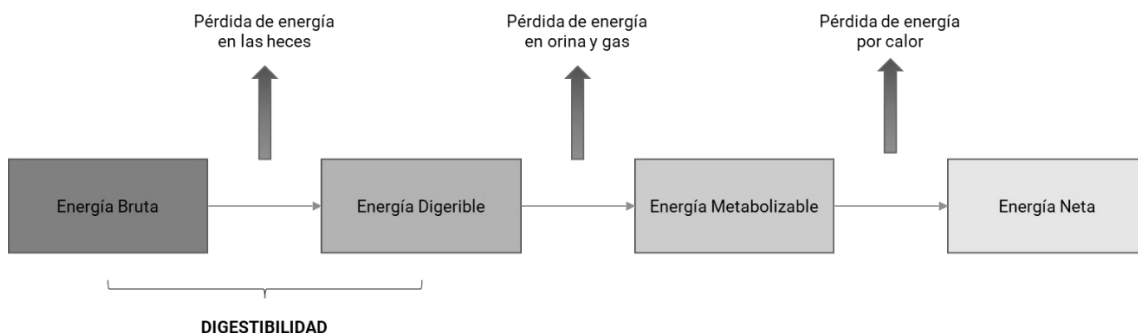
- GE = Energía bruta en MJ por kg de materia seca de la ración
- CP = g de proteína cruda por kg de materia seca de la ración
- CFAT = g de grasa cruda por kg de materia seca de la ración
- CF = g de fibra cruda por kg de materia seca de la ración
- ASH = g de ceniza por kg de materia seca de ración
- SUG = g de azúcar por kg de materia seca de la ración

CALCULO DE LA DIGESTIBILIDAD

El concepto de digestibilidad manejado por el IPCC es el de la relación entre la energía digerible y la energía bruta.

Para la energía bruta, se ha descrito anteriormente un método sencillo de cálculo a partir de datos disponibles por los nutricionistas de las explotaciones, pero para la energía digerible no existe un método accesible y con el suficiente nivel de confianza válido para los distintos tipos de ganado.

El paso de Energía Bruta a Energía Neta supone varios pasos de pérdida de energía, tal como se describe en la siguiente gráfica:



De estos conceptos de energía, los principales software y bases de datos de nutrición animal sí disponen de la Energía Metabolizable. Por tanto, si conocemos la pérdida de energía por la orina y el gas, podemos calcular la energía digerible, y de ahí se puede obtener la digestibilidad.

Esta pérdida es distinta para cada tipo de alimentación, pero es principalmente dependiente del tipo de sistema digestivo de los animales y, según el IPCC, se puede estimar esta pérdida como del 4% en rumiantes y del 2% en cerdos y rumiantes alimentados principalmente con grano. En el caso de las aves, las heces y la orina se pierden simultáneamente, por lo que se puede considerar que la energía digerible es igual a la energía metabolizable.

Por ello, se proponen las siguientes fórmulas para el cálculo de la Digestibilidad:

$$DE = \frac{ME + 0.04 \times GE}{GE}$$

Fórmula 1.4- Fórmula propuesta para el cálculo de la digestibilidad en rumiantes

$$DE = \frac{ME + 0.02 \times GE}{GE}$$

Fórmula 1.5- Fórmula propuesta para el cálculo de la digestibilidad en porcino

$$DE = \frac{ME}{GE}$$

Fórmula 1.6- Fórmula propuesta para el cálculo de la digestibilidad en aves

Donde:

- DE = Digestibilidad (adimensional)
- GE = Energía bruta en MJ por kg de materia seca de la ración
- ME = Energía metabolizable en MJ por kg de materia seca de la ración

CALCULO EMISIONES DE METANO ENTÉRICO

A partir de la Energía Bruta calculada con la fórmula 1.3, el cálculo de las emisiones de metano entérico se realizará con la Ecuación 10.21 del IPCC (rev 2019) que se ha descrito anteriormente, para cada grupo de animales que coman una misma ración. Solo será necesario separar la población entre animales de distinto tipo, si existe animales de distinto tipo que consuman la misma ración, pero eso no es habitual en la mayoría de explotaciones, donde se prepara una ración específica para cada tipo de animal. La fórmula 1.7 es una adaptación de la ecuación del IPCC, para calcular las emisiones para cada grupo de animales.

$$EM_r = N_r \times \frac{GE_r \times RW \times \left(\frac{Y_{mr}}{100}\right) \times d_r}{55.65}$$

Fórmula 1.7- Fórmula propuesta para el cálculo de emisiones de metano entérico por grupo de animal

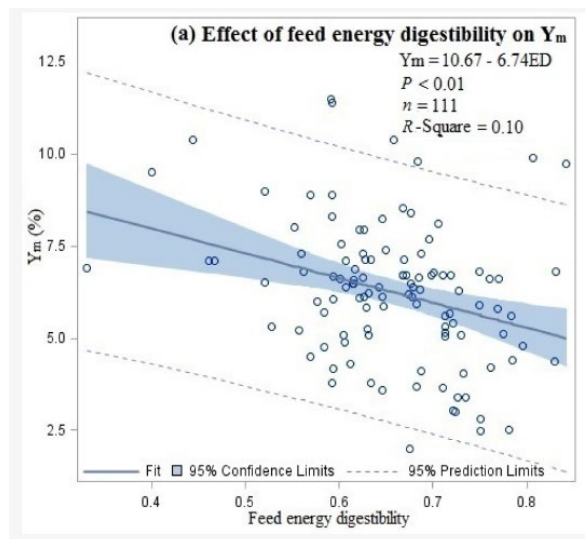
Donde:

- EM_r = Cantidad total de metano entérico emitido por el grupo de animales que comen una ración específica, en kg de metano.
- N_r = Número de animales que comen esa ración
- GE_r = Energía bruta de la ración en MJ por KG de materia seca
- RW = Peso de la ración diaria por animal en kg de materia seca
- Y_{mr} = Factor de conversión del metano
- d_r = número de días durante el que los animales comen la ración

En esta fórmula, ya se ha descrito cómo calcular la energía bruta de la ración (GE_r). Tanto el número de animales como el peso de la ración y el número de días vienen dados por la actividad de la explotación, por lo que no es necesario calcularlos. Por tanto, el

siguiente multiplicador que afecta a los cálculos de forma representativa es el factor de conversión del metano Y_{mr} , que es el porcentaje de la energía bruta que se transforma en CH_4 . El IPCC proporciona una tabla (10.12) con ocho valores por defecto para este factor de conversión del metano en ganado vacuno, según la tipología de animal y características genéricas de su alimentación. En otra tabla (10.13) se proporcionan también valores por defecto para ovino y caprino, en esta ocasión sin diferenciar por alimentación, solo si se trata de ovino o de caprino. El propio IPCC recomienda utilizar donde sea posible factores de conversión del metano más precisos.

En la gráfica 1, extraída de Li et al. (2017) se muestra el efecto de la digestibilidad sobre Y_m a partir de un análisis de 51 estudios anteriores.



Gráfica 1 – Ajuste del efecto de la digestibilidad sobre Y_m . Fuente: Liu et al. (2017)

A partir de aquí, se pueden realizar la regresión para obtener la siguiente fórmula para calcular el factor de conversión del metano.

$$Y_{mr} = 10.67 - 0.0674 \times DE_r$$

Fórmula 1.8- Fórmula propuesta para el cálculo del factor de conversión del metano Y_{mr} de una ración.

Donde:

- Y_{mr} = Factor de conversión del metano de la ración
- DE_r = Digestibilidad de la ración

Para finalizar con el cálculo del metano entérico del grupo de animales, el total de emisiones del grupo sería el sumatorio de las emisiones calculadas para cada grupo de ración:

$$\text{Emisiones Totales de Metano Entérico Grupo} = \sum_{r=0}^n EM_r$$

Fórmula 1.9- Fórmula para las emisiones totales de metano por grupo

CALCULO EMISIONES DE METANO DEL ESTIÉRCOL

La descomposición del estiércol durante su almacenamiento y tratamiento en condiciones anaerobias puede producir emisiones de metano.

El capítulo 10 del volumen 4 de las guías del IPCC (revisión 2019) propone un método para calcular estas emisiones que depende principalmente de tres factores: el peso de los animales, el tipo de gestión realizada, y la tasa de excreción de sólidos volátiles.

En esta ocasión, también es posible utilizar los datos reales calculados de Energía Bruta para conocer la tasa de excreción de sólidos volátiles, lo que nos dará un valor más realista que el obtenido a partir de las tablas propuestas o a partir de la energía bruta calculada según el método propuesto del IPCC a partir de la energía estimada necesaria para cada animal.

El IPCC propone la siguiente fórmula de cálculo (ecuación 10.24):

EQUATION 10.24
VOLATILE SOLID EXCRETION RATES (UPDATED)

$$VS = \left[GE \cdot \left(1 - \frac{DE}{100} \right) + (UE \cdot GE) \right] \cdot \left[\left(\frac{1 - ASH}{18.45} \right) \right]$$

Entre los distintos tipos de ganado la principal diferencia es la proporción de energía excretada en la orina. Considerando estas diferencias, la fórmula propuesta para el cálculo de emisiones de metano del estiércol es la siguiente:

$$MM_g = \left[GE_r \times W_r \times \left(1 - \frac{DE_r}{100} + 0.04 \right) \times \left(\frac{1 - \frac{ASH_r}{1000}}{18.45} \right) \right] \times 0.24 \times 0.67 \times MCF \times N_r \times d_r \times \frac{MST}{100}$$

Fórmula 1.10- Fórmula propuesta para el cálculo del metano del estiércol en un grupo de animales con una ración específica (vacuno de leche)

Donde:

- MM_g = Emisiones de Metano del Estiércol para un grupo de animales, en kg
- GE_r = Energía bruta de la ración suministrada, en MJ totales por kg de materia seca, calculada según la fórmula 1.3
- W_r = Peso de la ración en kg de materia seca
- DE_r = Digestibilidad de la ración, en porcentaje
- ASH_r = Contenido de ceniza de la ración, en gramos por kg de materia seca
- MCF = Factor de conversión del metano según el tipo de gestión y la zona climática, según la tabla 10.17 de las guías del IPCC
- N_r = Número de animales en el grupo
- d_r = Número de días en los que el grupo de animales consume la ración
- MST = Proporción del tiempo diario (o sobre el total de días) en el que el grupo de animales se encuentra bajo el tipo de gestión de estiércol para el que se ha seleccionado el valor de MCF, en %.

En esta fórmula, 0.24 es el valor por defecto para la máxima capacidad de producción de metano (B_0) para vacas de leche. Este valor se puede sustituir por uno más adecuado según la tabla 10.16 de las guías del IPCC (capítulo 4, volumen 10) en su revisión 2019.

El valor 0.04 corresponde a la proporción de energía perdida en la orina, que cambia según el tipo de ganado. En las siguientes fórmulas (1.11 y 1.12) se muestra el mismo cálculo de metano de estiércol, pero en este caso para porcino y para gallinas ponedoras.

$$MM_g = \left[GE_r \times W_r \times \left(1 - \frac{DE_r}{100} + 0.02 \right) \times \left(\frac{1 - \frac{ASH_r}{1000}}{18.45} \right) \right] \times 0.45 \times 0.67 \times MCF \times N_r \times d_r \times \frac{MST}{100}$$

Fórmula 1.11- Fórmula propuesta para el cálculo del metano del estiércol en un grupo de animales con una ración específica (porcino en Europa Occidental)

$$MM_g = \left[GE_r \times W_r \times \left(1 - \frac{DE_r}{100} \right) \times \left(\frac{1 - \frac{ASH_r}{1000}}{18.45} \right) \right] \times 0.39 \times 0.67 \times MCF \times N_r \times d_r \times \frac{MST}{100}$$

Fórmula 1.11- Fórmula propuesta para el cálculo del metano del estiércol en un grupo de animales con una ración específica (gallinas ponedoras)

Este cálculo se debe realizar para cada ración de cada grupo de animal en cada tipo de gestión de estiércol, de tal manera que el metano total debido a la gestión del estiércol es el sumatorio de todos los metanos de estiércol calculados:

$$Total\ Manure\ Methane\ Emissions = \sum_{g=0}^n MM_g$$

Fórmula 1.12- Fórmula para el cálculo total del metano del estiércol de la explotación

CONCLUSIONES

El IPCC, a través de sus Directrices para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero nos proporciona unas guías detalladas para el cálculo de emisiones de GEI procedente de los animales en el sector de la ganadería.

Dado que estas directrices están diseñadas para su uso a nivel de inventario nacional, los métodos de cálculo propuestos se basan en la caracterización de la población animal y en la estimación de sus requerimientos energéticos. Con el método propuesto en el presente estudio, se ofrece una herramienta más precisa para realizar cálculos a nivel de granja, donde no es necesario realizar una estimación de dichos requerimientos energéticos, puesto que es habitual conocer con precisión la energía realmente ingerida por los animales.

Este método permite a los ganaderos y a los profesionales de la nutrición animal, actuar sobre parámetros que sí pueden controlar, como es la composición de la ración proporcionada a los animales. Con el método tradicional, no era posible que los usuarios del método modificasen sus patrones, puesto que los cálculos no se basaban en ningún elemento modificable en la práctica, sino en elementos intrínsecos a la población como es el número, tipología, edad y tamaño de los animales.

Aplicando las formulas de este documento sobre valores nutricionales habituales vemos, por ejemplo, que una variación del contenido en grasa de 15 gramos por kg de materia seca puede hacer variar las emisiones de metano entérico en un $\pm 2,63\%$, y una variación de 100 gramos de contenido de proteína bruta por kg de materia seca supone unas variaciones en estas mismas emisiones de $\pm 6,41\%$. Combinando estas dos acciones, es posible variar las emisiones de metano más de un 9%.

En el sector agrícola, estas emisiones son de gran importancia, suponiendo cerca del 30% de las emisiones en el sector lácteo, por tanto, poner nuevas herramientas de decisión a manos de granjeros y expertos del sector puede suponer una gran ayuda en la reducción del calentamiento global.

REFERENCIAS:

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; (2006) (rev 2019)*

Liu, Z.; Liu, Y.; Murphy, J.P.; Maghirang, R. Ammonia and Methane Emission Factors from Cattle Operations Expressed as Losses of Dietary Nutrients or Energy. *Agriculture* 2017, 7, 16.

Tedeschi LO, Abdalla AL, Álvarez C, Anuga SW, Arango J, Beauchemin KA, Becquet P, Berndt A, Burns R, De Camillis C, Chará J, Echazarreta JM, Hassouna M, Kenny D, Mathot M, Mauricio RM, McClelland SC, Niu M, Onyango AA, Parajuli R, Pereira LGR, del Prado A, Tieri MP, Uwizeye A and Kebreab E 2022. Quantification of methane emitted by ruminants: A review of methods. *Journal of Animal Science*, skac197

Oba, M. and M. Allen. 2005. In vitro digestibility of forages. Pages 81-91 in Proc. Tri-State Dairy Nutrition Conf., Ft. Wayne, IN.

Weiss, William P. and Alexander W Tebbe. "Estimating digestible energy values of feeds and diets and integrating those values into net energy systems." *Translational Animal Science* 3 (2019): 953 - 961.

Liu, Z.; Powers, W.; Oldick, B.; Davidson, J.; Meyer, D. Gas emissions from dairy cows fed typical diets of midwest, south, and west regions of the United States. *J. Environ. Qual.* 2012, 41, 1228–1237.

Liu, Z., Liu, Y., Shi, X., Wang, J., Murphy, J.P., & Maghirang, R.G. (2017). ENTERIC METHANE CONVERSION FACTOR FOR DAIRY AND BEEF CATTLE: EFFECTS OF FEED DIGESTIBILITY AND INTAKE LEVEL. *Transactions of the ASABE*, 60, 459-464.

E. J. Mc Geough, P. O'Kiely, K. J. Hart, A. P. Moloney, T. M. Boland, D. A. Kenny, Methane emissions, feed intake, performance, digestibility, and rumen fermentation of finishing beef cattle offered whole-crop wheat silages differing in grain content, *Journal of Animal Science*, Volume 88, Issue 8, August 2010, Pages 2703–2716,



AGROHUELLA 2.0 – CALCULADORA DE HUELLA AMBIENTAL

INTEGRACIÓN DE NUEVOS PROCESOS Y CRITERIOS AMBIENTALES EN
HERRAMIENTAS DIGITALES EN DISPOSITIVOS MÓVILES, PARA DE CÁLCULO DE
HUELLA AMBIENTAL DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS
EXPLOTACIONES SEGÚN LOS ÚLTIMOS CRITERIOS DE LA HUELLA AMBIENTAL DE
PRODUCTO DE LA COMISIÓN EUROPEA.

© ACODEA 2022 (algunos derechos reservados)