

## BIBLIOGRAFÍA

Salcedo, G. 2015. DairyCant: a model for the reduction of dairy farm greenhouse gas emissions. *Advances in Animal Biosciences* 6: 26–28.

SPSS 15.0 2006. SPSS Inc. Released 2006. SPSS for Windows, Version 15.0. Chicago, SPSS Inc.

## FINANCIACIÓN

Proyecto INIA RTA2015-00058-CO6-02



Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS

Publicación parcialmente financiada por el Grupo de Investigación en Nutrición y Sanidad Animal (NYSa), IDI/2018/000237

## RESULTADOS

La huella de carbono por kilo de leche viene representada en la *Figura 2*. Cuando no se consideran el secuestro de carbono, la compra de soja ni el cambio de uso indirecto del suelo, los valores entre tipos de explotación son muy similares e inferiores a 1 kg CO<sub>2</sub>eq por litro. Sin embargo, cuando se incluyen estos factores en el cálculo, hay un incremento en la huella de carbono en todas las tipologías excepto en las de producción ecológica. En cualquier caso, estos valores pueden considerarse buenos, reflejando un equilibrio entre las entradas y las salidas de la explotación.

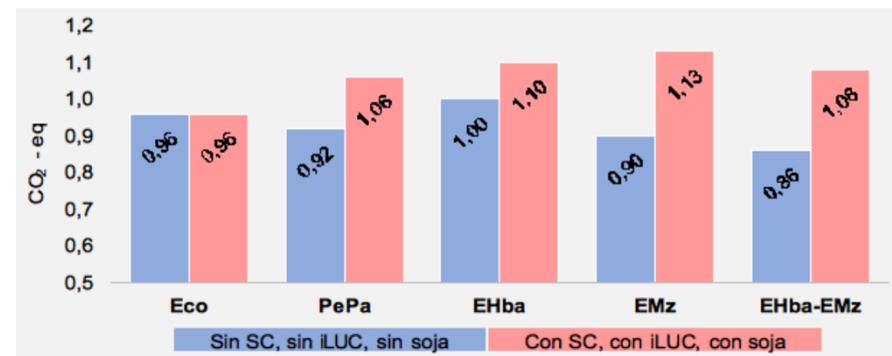


Figura 2. Huella de carbono (CO<sub>2</sub>eq) de un kilo de leche corregido por grasa en función del tipo de alimentación.

El secuestro de carbono por litro de leche no difiere entre tipologías de alimentación con valores medios de 0,11; 0,09; 0,11; 0,07 y 0,08 kg CO<sub>2</sub> para Eco, Pe-Pa, EHba, EMz y EHba-EMz respectivamente. La diferencia entre las tipologías más extensivas (Eco, Pe-Pa y EHba) respecto a las más intensivas (EMz y EHba-EMz) puede tener su origen en la mayor superficie dedicada a cultivos forrajeros, que origina una pérdida de carbono con las operaciones de laboreo, a pesar del mayor aporte de carbono procedente del estiércol y el purín en estos sistemas, donde cada UGM ha<sup>-1</sup> presente en la explotación produce 1167 kg C por año.

La *Figura 3* representa la distribución de la huella de carbono según la fuente originaria de los gases de efecto invernadero. Las mayores emisiones son las debidas a la fermentación entérica (44,8 ± 3,5%), el manejo de las excretas (21,5 ± 2,6%) y la compra de alimentos (19,6 ± 3,6%), mientras el consumo de energía, los fertilizantes y los consumibles, que suman el 14,2 ± 6,5% restante, representan la menor contribución.

Los alimentos energéticos, como el ensilado de maíz, predisponen a una acidosis ruminal, que favorece una mayor síntesis en el rumen de propiónico que actúa como sumidero de CH<sub>4</sub>. Por el contrario, los alimentos fibrosos de baja digestibilidad y un ritmo de paso lento a través del rumen favorecen las vías bioquímicas que forman hidrógeno, que eleva el potencial en la formación de CH<sub>4</sub>.

La compra de concentrado y forrajes (principalmente alfalfa) causa aumentos de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en el purín que, cuando es aplicado al suelo, se pierde parcialmente en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>), nitrato (NO<sub>3</sub>) y compuestos intermedios producto de la nitrificación y desnitrificación como el N<sub>2</sub>O.

El aumento en la producción de forrajes en la propia explotación y el descenso en la compra de alimentos puede contribuir

a una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El diseño de dietas orientadas a minimizar la ingestión de proteína contribuye a reducir las emisiones.

Prácticas agrarias como reducir la aplicación de fertilizante inorgánico mediante siembras de leguminosas o mejorar en la aplicación y utilización de estiércol contribuyen también a minimizar las emisiones.

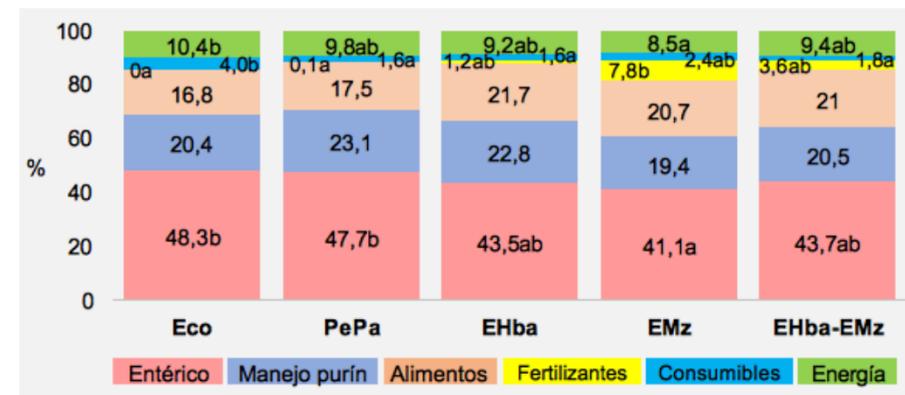
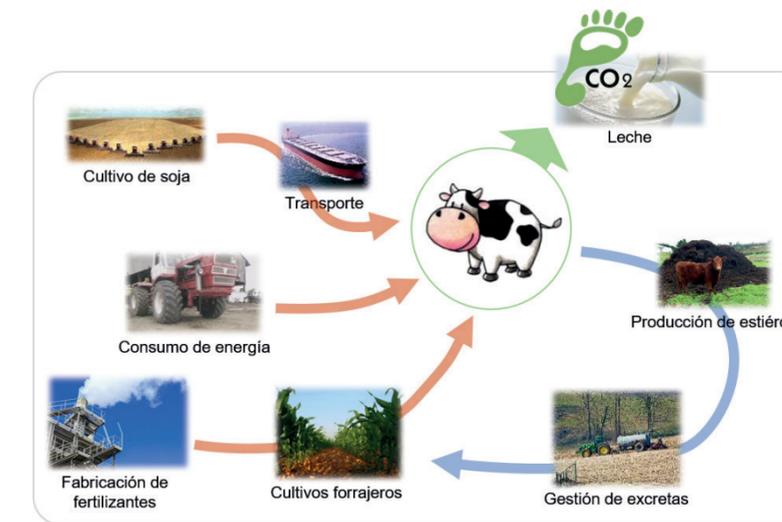


Figura 3. Distribución porcentual de la huella de carbono según el origen de los gases de efecto invernadero

## IMPLICACIONES

- Mejorar la producción de forrajes con una rotación de cultivos que incluya leguminosas, disminuye la compra de fertilizantes inorgánicos y suplementos proteicos y, por lo tanto, las emisiones de N<sub>2</sub>O.
- Utilizar abonos nitrogenados de liberación lenta para el maíz y otros cultivos forrajeros puede mitigar significativamente las emisiones de N<sub>2</sub>O.
- Disminuir el porcentaje de proteína del concentrado y el de soja en la ración, reduce las emisiones de NH<sub>3</sub> y N<sub>2</sub>O.
- Elaborar dietas con ensilado maíz reduce el CH<sub>4</sub> entérico.
- Manejar la fertilización orgánica aplicando el purín y/o estiércol de manera localizada reduce las emisiones de NH<sub>3</sub>.



## HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN ASTURIAS

Gregorio Salcedo<sup>1</sup> - José Daniel Jiménez-Calderón<sup>2</sup>  
Adela Martínez-Fernández<sup>2</sup> - Silvia Baizán<sup>2</sup> - Fernando Vicente<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIFP La Granja,  
39792 Heras-Cantabria

<sup>2</sup>Área de Nutrición, Pastos y Forrajes.  
Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 33300 Villaviciosa-Asturias



# INTRODUCCIÓN

Toda producción ganadera (leche, carne, lana, huevos, etc.) requiere de insumos que, a su vez generan emisiones directas o indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) en las fases intermedias de producción. Entre ellos, el metano (CH<sub>4</sub>) como subproducto de la digestión, el amoníaco (NH<sub>3</sub>) del purín procedente de su aplicación que, posteriormente dará lugar a la formación de óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como consecuencia de la combustión de energía fósil, fabricación de máquinas, fertilizantes, plásticos, etc.

*La suma del metano, óxido nítrico y el dióxido de carbono representa la huella de carbono* y se expresa en equivalentes de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-eq) por litro de leche, por hectárea o por unidad de ganado mayor (UGM). El cálculo de la huella de carbono utiliza una metodología que interactúa con todos los procesos productivos de la explotación, lo que permite tener una visión global de las fugas tanto ambientales como económicas, buscando la forma de minimizarlas.

# DEFINICIONES

## 1. CO<sub>2</sub> SECUESTRADO (CO<sub>2</sub>sc).

Es la cantidad de CO<sub>2</sub> devuelto al suelo en forma de restos vegetales y fertilización orgánica.

*Debe ser negativo, si es positivo indica que no existe secuestro de carbono. Por lo tanto, valores altos y negativos son resultados muy interesantes que contribuyen con la mitigación de gases de efecto invernadero.*

## 2. EQUIVALENTES DE CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-eq).

Incluye el CO<sub>2</sub> emitido por un litro de leche contabilizando el secuestro de carbono (SC), las emisiones del suelo debidas al cambio de uso (iLUC) y las importaciones de soja (CSO).

*Aplicar fertilizantes orgánicos (purín y estiércol) puede minimizar la compra de fertilizantes químicos, por lo que conocer el valor fertilizante de remplazo del purín y estiércol es una buena alternativa de mitigación de las emisiones de GEI.*

*Planificar rotaciones de cultivos como maíz/raigrás o maíz/leguminosas puede incrementar la producción de forraje en la propia explotación y así reducir la compra de soja u otras fuentes proteicas.*

## 3. POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (CO<sub>2</sub>-eq sin SC sin iLUC sin CSO).

Indica la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq emitido por hectárea, por UGM o por litro de leche corregido por grasa de todas las actividades de la explotación, sin considerar el secuestro de carbono (SC), el cambio de uso del suelo (iLUC) y las emisiones debidas a la soja (CSO).

Es la suma del metano (CH<sub>4</sub>), óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

*El CH<sub>4</sub> tiene un poder de calentamiento 21 veces mayor que el CO<sub>2</sub>*

*El N<sub>2</sub>O tiene un poder de calentamiento 310 veces mayor que el CO<sub>2</sub>*

*Factores como la alimentación, el manejo de excretas, la compra de alimentos y la fertilización son los más influyentes. Por ejemplo, si la explotación practica el pastoreo, la reducción de soja en el concentrado puede resultar interesante, porque existen menos entradas de N a la explotación y menos N excretado en heces y en orina. Si la hierba se aprovecha en estados jóvenes, se reduce la emisión de metano debido a su mayor contenido en materia orgánica fácilmente fermentable en el rumen, contribuyendo a la formación de propiónico y actuando como sumidero de hidrógeno.*

# GANADERÍAS COLABORADORAS

Se seleccionaron 15 explotaciones ganaderas del Principado de Asturias (ver Mapa) que reunían 818 vacas lecheras, divididas en cinco tipologías de alimentación:



Localización y número de ganaderías muestreadas por concejo

## 1) ECOLÓGICAS (Eco)

- a. 30 ± 5 vacas lecheras
- b. 8357 ± 905kg leche corregida por grasa

## 2) BASADAS EN PASTOREO O HIERBA FRESCA APORTADA AL PESEBRE (Pe-Pa)

- a. 25 ± 11 vacas lecheras
- b. 8896±2320 kg leche corregida por grasa

## 3) BASADAS EN ENSILADO DE HIERBA (EHba)

- a. 31 ± 14vacas lecheras
- b. 10053 ± 911kg leche corregida por grasa

## 4) BASADAS EN ENSILADO DE MAÍZ (EMz)

- a. 125 ± 4 vacas lecheras
- b. 12798 ± 2036 kg leche corregida por grasa

## 5) BASADAS EN ENSILADO DE HIERBA Y DE MAÍZ (EHba-EMz)

- a. 62 ± 5 vacas lecheras
- b. 11820 ± 535 kg leche corregida por grasa

# METODOLOGÍA

La información utilizada para el cálculo de la huella de carbono fue recogida mediante encuesta directa a los ganaderos y procesada con el modelo de simulación *DairyCant* (Salcedo, 2015). Este modelo empírico está basado en la investigación y el análisis estadístico. Simula aspectos de manejo relacionados con la producción de leche y la salud medioambiental de las explotaciones lecheras.

La información procedente de cada explotación es analizada en función del municipio, la altura sobre el nivel del mar, la climatología y el sistema de producción según: i) utilización de las praderas (siega, pastoreo, ensilado), ii) forrajes cultivados (pradera, cultivos forrajeros de invierno y verano) y iii) forma de suministrar el alimento (disociado o mezclado). Requiere datos de superficie forrajera, abonados orgánicos y/o químicos, laboreo, censo ganadero, instalaciones ganaderas, alimentación del ganado, almacenamiento de las excretas y gestión de las mismas y consumos energéticos e hídricos.

La huella de carbono, el secuestro de carbono, el CO<sub>2</sub> procedente de la soja y el del uso indirecto del suelo son estimados bajo tres unidades funcionales: i) hectárea, ii) UGM y iii) litro de leche corregido por grasa.

Los resultados de las encuestas realizadas fueron procesados mediante análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM del programa SPSS 15.0 (2006), considerando como efecto principal la tipología de alimentación de la explotación. Para las variables en que el efecto principal resultó estadísticamente significativo, se utilizó la prueba de Duncan para la comparación de medias.



# RESULTADOS

Las explotaciones que basan su alimentación en Ensilado de hierba-Ensilado de maíz emiten 2,66 veces más CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> sin considerar el secuestro de carbono ni el uso indirecto del suelo que las explotaciones Ecológicas y 2,10 más que las que se basan en Ensilado de hierba. Mientras que las basadas en Ensilado de maíz tienen unas emisiones por hectárea similares a las del tipo de Ensilado de hierba-Ensilado de maíz. Las emisiones medias por UGM son de 6043 ± 1173 kg CO<sub>2</sub>-eq, registrándose las máximas en la tipología EMz de 7244 ± 1029 kg y las mínimas de 4905 ± 1997 kg en EHba-EMz, e intermedias en las Eco (6089 ± 451 kg), Pe-Pa (5850 ± 502 kg) y EHba (6145±153 kg). Aumentar la producción en un kilo de leche, corregido por grasa, y por hectárea incrementa las emisiones en 1,17 kg CO<sub>2</sub>-eq.



En la *Figura 1* se muestra la distribución porcentual de cada gas de efecto invernadero por litro de leche producido según el tipo de alimentación. La mayor proporción de CH<sub>4</sub> en las explotaciones Eco y Pe-Pa es debida al mayor consumo de forrajes y la de CO<sub>2</sub> en las tipologías EHba y EHba-EMz es debida al mayor consumo de concentrado (44,1 ± 6% y 50,9 ± 3,1% de la ración, respectivamente). La mayor proporción de N<sub>2</sub>O en la tipología EHba posiblemente es debida a factores de manejo.



Figura 1. Proporciones de gases de efecto invernadero emitidos por litro de leche en función del tipo de alimentación.