

1. INTRODUCCIÓN

La producción agraria es la cuarta industria en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, tras el suministro de energía, el sector industrial y el forestal (IPCC, 2007, 36), y dentro de ella, la producción animal y en concreto la producción láctea es uno de los subsectores más importantes, ya que presenta una afección múltiple al medio ambiente en campos como la emisión de gases de efecto invernadero, la eutrofización o la degradación del suelo (Yan, 2010, 1). Además de las afecciones múltiples, es un sector que consume distintos insumos (pienso, fertilizantes, energía), y genera residuos que a su vez generan impactos. De hecho, el sector lácteo es un ejemplo de una industria caracterizada por la asociación de distintos sistemas de producción: agricultura, ganadería, producción, empaquetado y distribución (Hospido, 2003, 784).

Para el análisis del impacto ambiental de la producción láctea, en este estudio se ha elegido el Análisis de Ciclo de Vida del producto, por ser uno de los métodos de mayor aceptación a nivel internacional para el estudio del impacto de una producción (Hospido, 2003, 783; IDF, 2009, 10; Pirlo, 2002, 109; Yan, 2010, 1). El método del Análisis de Ciclo de Vida puede servir para identificar oportunidades de mejora del comportamiento ambiental de productos en distintas etapas de su ciclo de vida (IDF, 2009, 10), y puede ser utilizado para identificar oportunidades de mejora y de optimización en los procesos, diseño e innovación de productos (Bormann, 2011, i).

Dentro de los impactos posibles que se pueden analizar con el método del Análisis de Ciclo de Vida, para este estudio se ha seleccionado el análisis de los gases de efecto invernadero y cambio climático, por el creciente interés de la sociedad en este impacto (Pirlo, 2002, 109), y por el impacto de la producción láctea en la emisión de gases, ya que genera alrededor del 22% de las emisiones antropogénicas de metano a nivel mundial (Hospido, 2003, 783).

Una vez conocida la emisión de gases de efecto invernadero en el Análisis del Ciclo de Vida de la producción láctea a nivel europeo, el estudio analiza las alternativas existentes para reducir el impacto de la actividad.

Por último, el estudio analiza las posibilidades del sector lácteo de poner en valor los potenciales esfuerzos para reducir el impacto medioambiental en forma de gases de efecto invernadero, y la forma en que los consumidores podrían cambiar su decisión de marca de leche según las acciones tomadas por la marca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método empleado para analizar el impacto de la producción láctea en términos de emisiones de gases de efecto invernadero es el Análisis del Ciclo de Vida, y se han analizado los gases metano, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono, con sus respectivos factores de emisión de acuerdo a la metodología del IPCC (2007, 2.10.2).

La unidad funcional analizada son los kg de CO₂ equivalente por kg de leche empaquetada. Los límites del sistema de la producción elegidos son “de la cuna a la tumba”, por lo que se cubre todo el proceso productivo de la leche, desde el aporte de insumos a la granja, hasta el consumidor final. Las etapas analizadas dentro del ciclo de vida total del producto son las siete sugeridas por Bornmann (2011, iv): (i) Granja; (ii) Compra de alimento; (iii) Procesado de la leche; (iv) Empaquetado; (v) Distribución; (vi) Venta y (vii) Consumidor.

La información sobre producción de gases de efecto invernadero en el sector lácteo procede de una revisión bibliográfica en la que se han seleccionado datos a nivel europeo o de países europeos o equivalentes. El objetivo del análisis no ha sido el de comparar estudios previos, sino ofrecer un marco general en el que permitir identificar qué gases y en qué etapas de la cadena de producción láctea se generan, para analizar después el potencial de reducción de cada uno de ellos.

Por último, se ha realizado una encuesta entre consumidores de leche con el fin de obtener información sobre la disponibilidad de estos para cambiar la marca de leche consumida según los esfuerzos realizados en cuestiones de sostenibilidad de la marca.

2. RESULTADOS

Según distintos estudios (Hospido, 2003, 789; IDF, 2009, 14; FAO, 2010, 33), en torno al 80% de las emisiones se producen antes de la salida de la leche de la granja, “*at the farm gate*”, mientras que el procesado, transporte, venta y consumo representa en torno al 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción láctea. Tomando el promedio de lo establecido en los estudios anteriores, el resultado es un 80,27% antes de la salida de la granja y un 19,73% una vez la leche ha salido de la granja.

Una vez conocido el porcentaje relativo de las gases antes y después de la puerta de la granja, es necesario conocer la cantidad total de emisiones por litro de leche, para lo cual es importante definir el marco geográfico de donde se obtienen los resultados, ya que según el nivel de industrialización, las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción láctea varían, desde los 7,5 kgCO_{2eq} por kg antes de la puerta de la granja de la zona del África subsahariana a los 1 - 2 kgCO_{2eq} por kg antes de la puerta de la granja de las zonas más industrializadas (FAO, 2010, 33). Para Europa, un completo estudio realizado por Lesschen et al (2011, 17), que analizaba la producción láctea en 27 países de la Unión Europea, arrojaba un dato de 1,3 kgCO_{2eq} por kg a la puerta de la granja, dato que se ha considerado por su representatividad geográfica.

De acuerdo a la anterior distribución antes y después de la puerta de la granja, el resultado es que el total de emisiones sería de 1,62 kgCO_{2eq} por kg, con 1,3 kgCO_{2eq} por kg antes de la puerta de la granja y 0,32 kgCO_{2eq} por kg después de la puerta de la granja.

Una vez conocidas las emisiones globales promedio de los países europeos, el siguiente paso fue determinar la importancia de cada uno de los gases que contribuyen a dichas emisiones, y los procesos en los que se producen. Son tres los gases que contribuyen al efecto invernadero de la producción láctea, el metano (CH₄), el Óxido de Nitrógeno (N₂O) y el Dióxido de Carbono (CO₂). El metano se produce en la fermentación entérica y en la

descomposición de la materia orgánica de los residuos. El óxido de nitrógeno se produce en la denitrificación y nitrificación del nitrógeno orgánico de los residuos y de los fertilizantes químicos. El dióxido de carbono por el uso de combustible fósiles en tractores, electricidad y producción de insumos.

De acuerdo a distintos estudios que cuantifican la producción de estos gases a lo largo de la cadena de producción láctea, resultó que el metano suponía 0,59 kg CO_{2eq}/kg de leche y se generaba antes de la salida de la leche de la granja, los óxidos de nitrógeno suponían 0,46 kg CO_{2eq}/kg de leche y también se generaban antes de la salida de la granja y el dióxido de carbono suponía 0,57 kg CO_{2eq}/kg de leche y se generaba una parte antes y otra después de la salida de la leche de la granja.

Tras conocer el peso de cada gas en la emisión global, se realizó una asignación de cada gas según el origen de dicha producción.

El metano se produce por la fermentación entérica de los rumiantes y por la descomposición de los residuos del ganado. Para calcular la emisión asociada a la fermentación entérica, se ha tomado los datos de producción de IPCC (2006, 10.29), que aporta un factor de emisión según la producción láctea en Europa y junto al factor de Potencial de Calentamiento Global del metano, 25, resulta que 0,43 kgCO_{2eq} por kg se asocia a la fermentación entérica.

En cuanto a la descomposición de los residuos, y tomando la referencia de los factores de emisión del IPCC (2006, 10.38), el resultado es que 0,17 kgCO_{2eq} por kg se asocia a la descomposición de los residuos animales.

La emisión de óxidos de nitrógeno asociada a la producción láctea se produce por la gestión de los residuos animales y la descomposición de los fertilizantes químicos utilizados para la producción de alimentos para los animales. La gestión de los residuos genera emisiones, a su vez, directas e indirectas.

De acuerdo al procedimiento de IPCC (2006, chapter 10, Equation 10.25) y considerando el tipo de gestión de residuos que se da en los países europeos, la emisión directa de N₂O asociada a la producción láctea es de 1,26 kg N₂O· animal⁻¹· año⁻¹.

Por otro lado, las emisiones indirectas, y según IPCC (2006, chapter 10, Equation 10.26 y 10.30), las emisiones indirectas de N₂O asociadas a la producción de leche son de 0,313 kg N₂O· animal⁻¹· año⁻¹.

La suma de ambas emisiones, directas e indirectas, y la aplicación del rendimiento medio considerado y el factor de calentamiento del gas en cuestión, 298, el resultado es que el promedio europeo para la producción láctea es de 0,08 kgCO_{2eq} por kg.

Para el cálculo de las emisiones de N₂O procedente de la descomposición de los fertilizantes químicos se ha aceptado una resta de las emisiones totales asociadas a este gas, menos las calculadas como consecuencia de la gestión de los residuos de animales, ya que no se dispone de datos del tipo de comida, origen de la misma e insumos para su producción a nivel europeo, que son los factores que determinarían las emisiones asociadas a la producción de alimentación. Por tanto, las emisiones asociadas al N₂O por la descomposición de los fertilizantes químicos es de 0,38 kgCO_{2eq} por kg.

Para la división de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al CO₂, se han tomado los datos de estudios de Bornmann (2011) y Thoma et al (2013), resultando 0,25 kg CO₂ eq · kg antes de la puerta de la granja, y 0,08 kg CO₂ eq · kg en el procesado, 0,03 kg CO₂ eq · kg para el empaquetado, 0,07 kg CO₂ eq · kg para la distribución de la leche, 0,07 kg CO₂ eq · kg asociados a la venta y 0,07 kg CO₂ eq · kg al consumidor.

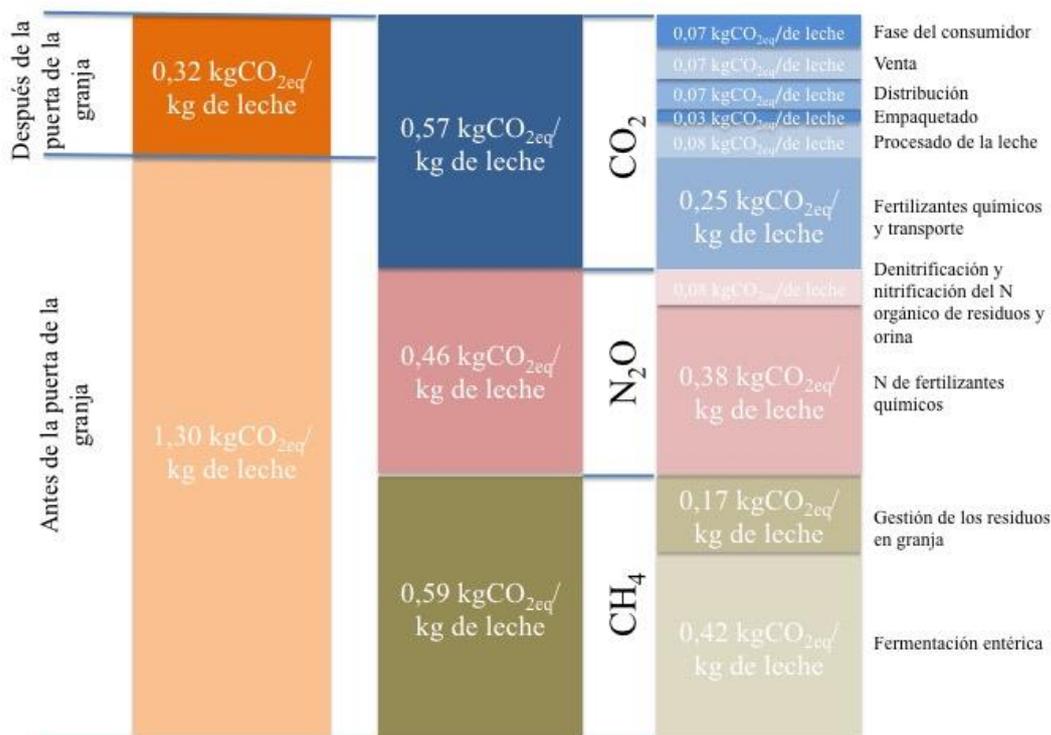


Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero según las etapas en la producción láctea. En la columna de la izquierda, emisiones por etapas (antes de la salida de la leche de la granja y después), en la columna del medio, emisiones según los gases que las generan, y en la columna de la derecha distribución de los gases según la etapa en la que dichos gases son emitidos a lo largo de la cadena de producción.

Potencial de reducción

Una vez conocido dónde y qué gas se emite a lo largo de la cadena de producción de la leche, se estudiaron las posibilidades de reducción de dichas emisiones de acuerdo a estudios previos.

Las emisiones de metano asociadas a la fermentación entérica se pueden reducir mediante cambios en la dieta. Según IPCC (2006, 10.32) existen distintos valores para el factor de conversión asociado a la alimentación, con posibilidades de reducción según la disponibilidad de soja y pulpa de remolacha, con una posibilidad de reducción del 25%

del metano generado si se dispone de estos elementos *ad libitum* por parte de los animales.

El metano producido en la gestión de los residuos animales podría reducirse mediante el cambio de los sistemas de tratamiento de residuos, reduciendo un 5% el número de granjas con tratamiento líquido de los residuos, que deberían cambiar por los sistemas de menor impacto, como almacenamiento sólido, gestión en pastos y distribución diaria. Ese cambio en términos generales, supondría un ahorro potencial del 11,81% de las emisiones de metano asociadas a la gestión de residuos animales.

Las dos estrategias reducirían 0,12 kg CO₂ eq · kg, un 21,27%, las emisiones de metano asociadas a la producción láctea.

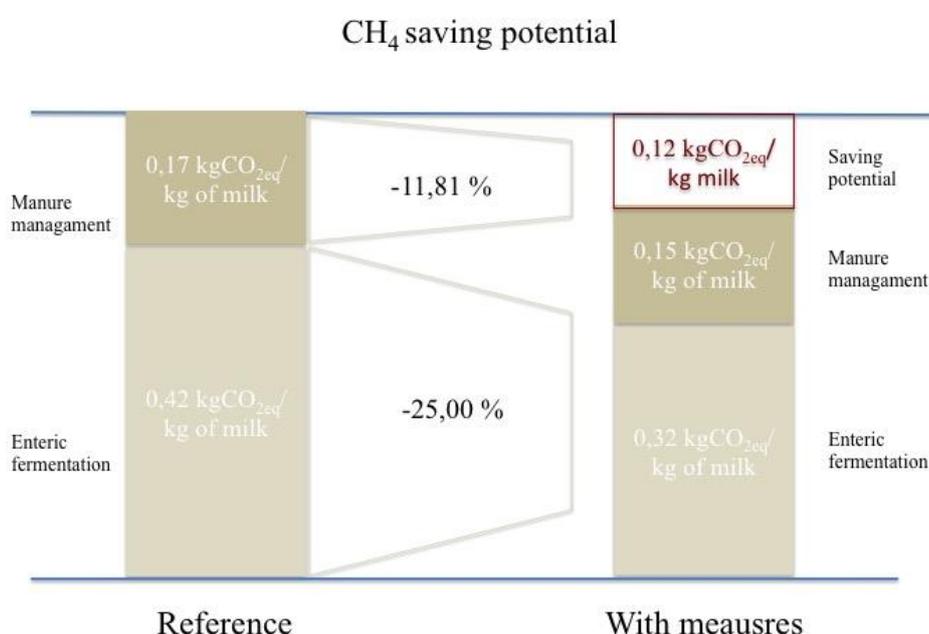


Figura 2. Potencial de reducción de metano por fase en la producción láctea (CO₂ eq · kg de leche⁻¹). En la columna de la izquierda, emisión equivalente según la fase en que se emite. En el medio, el porcentaje de reducción por etapa. En la columna de la derecha, emisiones tras la aplicación de las medidas propuestas.

La generación de Óxidos de Nitrógeno está directamente relacionada con el tipo de sistema de gestión de residuos utilizado. Considerando el cambio de sistemas de gestión de residuos que se ha tomado para el potencial de reducción del metano, las emisiones directas de N₂O aumentarían de 1,26 kg N₂O · animal⁻¹ · año⁻¹ a 1,28 kg N₂O · animal⁻¹ · año⁻¹.

En cuanto a las emisiones indirectas, se produciría una reducción de 0,31336 kg N₂O · animal⁻¹ · año⁻¹ a 0,30169 kg N₂O · animal⁻¹ · año⁻¹, lo que significa que en total, las emisiones de gases de N₂O asociadas a la gestión de los residuos animales aumenta un

0,57%, pasando en unidades de $\text{CO}_2 \text{ eq}$ de $0,07814 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{kg leche}^{-1}$ a $0,07859 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{kg leche}^{-1}$.

Por su parte, el potencial de reducción de emisiones de N_2O asociadas a los fertilizantes químicos se basa en la mejora de la eficiencia de las fábricas de fertilizantes, cuyo margen de mejora, según Ecofys (2015, 6), podría suponer reducciones entre un 8,57% y un 28,57%. Para el estudio se ha tomado una reducción potencial del 10%.

Las dos estrategias reducirían $0,04 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{kg}$, un 8,19%, las emisiones de óxidos de nitrógeno asociadas a la producción lácea.

N_2O saving potential

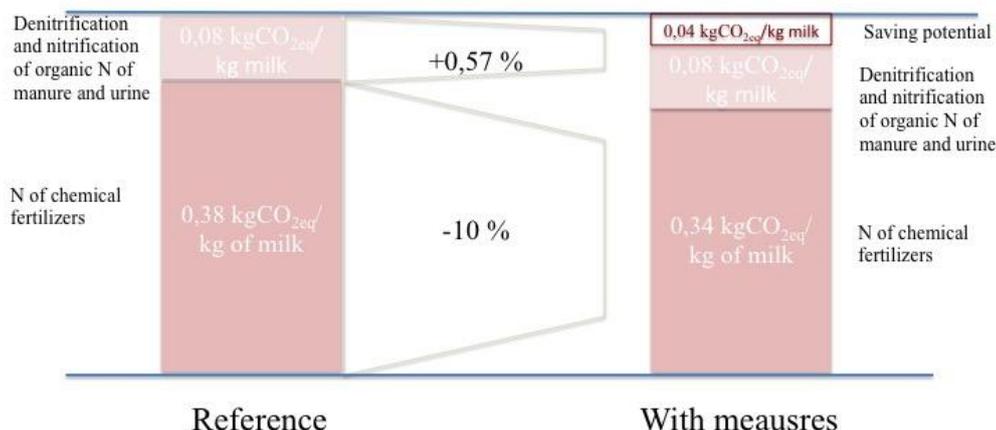


Figura 3. Potencial de reducción de óxido de nitrógeno por fase en la producción lácea ($\text{CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{kg}$ de leche⁻¹). En la columna de la izquierda, emisión equivalente según la fase en que se emite. En el medio, el porcentaje de reducción por etapa. En la columna de la derecha, emisiones tras la aplicación de las medidas propuestas.

El potencial de reducción de las emisiones de CO_2 asociadas a la producción lácea se ha calculado según las etapas en que se emiten los gases.

Para las emisiones asociadas al uso del tractor, se han tomado datos de potencial ahorro por un uso adecuado del tractor, de acuerdo al análisis de Intelligent Energy Europe (2013, 4), arrojando un potencial de ahorro en emisiones del 15,32%.

En cuanto a las emisiones asociadas al consumo de electricidad en granja, considerando la distribución de consumo eléctrico, y tomando posibilidades de ahorro de un 20% en los sistemas de enfriamiento de la leche (De Laval), un 35% en los sistemas de calentamiento de agua (De Laval), un 20% en la maquinaria de ordeño (De Laval) y un

20% de ahorro por la sustitución de los sistemas de iluminación de las granjas, el resultado de un ahorro potencial de 23,66% de las emisiones asociadas al consumo de electricidad en granja.

Respecto a las emisiones de CO₂ en granja relacionadas con la producción de insumos, se ha considerado un ahorro del 10% de acuerdo a la hipótesis adoptada para los óxidos de nitrógeno en lo que tiene que ver con la producción de fertilizantes.

En promedio, teniendo en cuenta el peso relativo de cada origen en las emisiones de CO₂ en granja, existe un ahorro potencial del 26,54% de CO₂.

Para las emisiones de CO₂ asociadas a la producción láctea fuera de la granja, se ha considerado un potencial de ahorro de un 10% en las instalaciones de procesamiento de la leche (Tengfang, 2009). No se han considerado ahorros potenciales en cuanto al empaquetado, según los datos de emisión de distintas alternativas de Minghui (2011). En lo que tiene que ver con las emisiones asociadas a la distribución, el estudio de Torquati et al (2014) indica que el mayor ahorro se encuentra en la decisión de seleccionar una planta de transformación de leche en la región en que se produce, lo cual puede suponer importantes ahorros de emisiones. Se ha considerado un 36,64% de reducción para la distribución por esta decisión.

Por último, no se han considerado potenciales ahorros de emisiones en las fases de venta y de consumo, por estar fuera del alcance de influencia del sector lácteo.

Las estrategias que afectan a distintas etapas de emisión de CO₂ en la producción láctea reducirían 0,10 kg CO₂ eq · kg, un 17,28%, las emisiones de dióxido de carbono asociadas a la producción láctea.

CO₂ saving potential

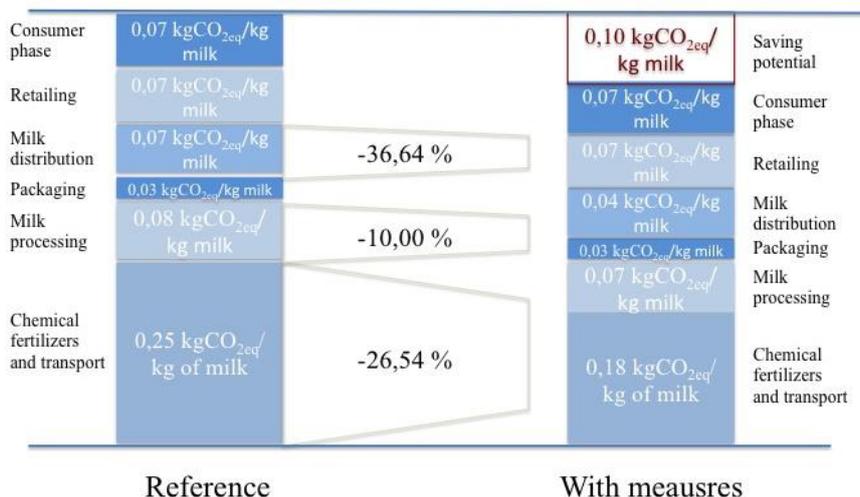


Figura 4. Potencial de reducción de dióxido de carbono por fase en la producción láctea (CO₂ eq · kg de leche⁻¹). En la columna de la izquierda, emisión equivalente según la fase en que se emite. En el medio, el porcentaje de reducción por etapa. En la columna de la derecha, emisiones tras la aplicación de las medidas propuestas.

La conclusión general del análisis de las reducciones potenciales de emisiones de cada gas en la producción láctea determina un potencial de ahorro de 0,26 kg CO₂ eq · kg, un 16,18% a nivel europeo, con posibilidad de aumentar significativamente a nivel de granja individual.

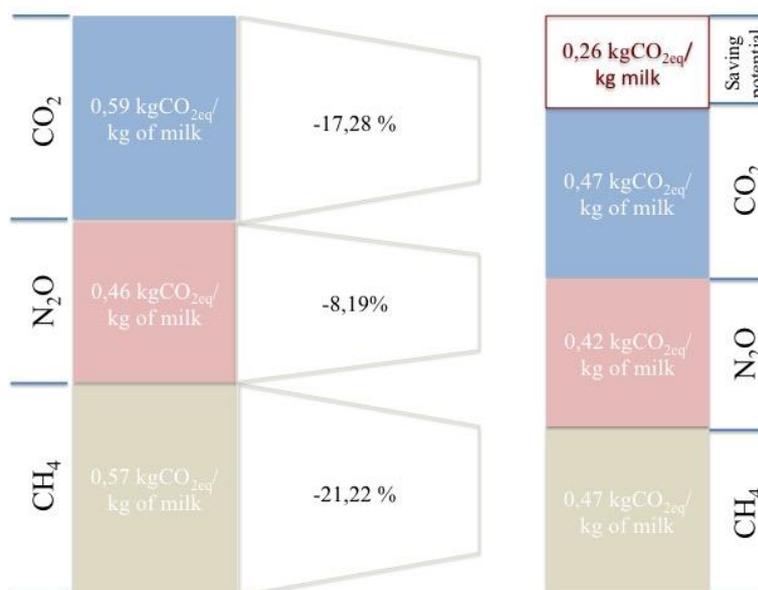


Figura 5. Potencial de reducción por gas en la producción de leche (CO₂ eq · kg de leche⁻¹) En la columna de la izquierda, emisión de los gases de efecto invernadero. En el medio, el porcentaje de reducción por gas. En la columna de la derecha, emisiones tras la aplicación de las medidas propuestas

Preferencias de los consumidores

Las encuestas realizadas permiten analizar qué preferencias tiene el consumidor en cuanto al consumo de leche y las posibilidades de cambio de una marca de leche según cuestiones ambientales.

Los resultados más interesantes de las encuestas realizadas permiten anticipar un nicho de mercado para la realización de esfuerzos por parte de la industria láctea en la reducción del impacto ambiental de su producto, ya que el 74,5% de los encuestados se encuentran en disposición de cambiar su marca de leche. Ese porcentaje se incrementa entre los consumidores de 36 a 45 años (84,3%) y entre los encuestados que tienen hijos (85,2%).

En cuanto a los factores de decisión para elegir la marca de leche, destacan el precio (62,%), la calidad (52,0%) y el origen nacional del producto (45,5%). Sólo un 11,5% de

los encuestados considera las etiquetas ambientales como un factor para seleccionar la marca de leche.

En el análisis de los factores que harían que los consumidores cambiaran de marca de leche, el 36,0% lo haría por cuestiones ambientales y un 43,5% estaría dispuesto a pagar un extracoste por este motivo, lo que se puede deducir que cuanto más información se recibe sobre los esfuerzos ambientales de las marcas, más disposición al cambio por ese motivo se da.

3. DISCUSIÓN

Dado que la mayor parte de los gases emitidos en la producción de leche se generan antes de la salida de la leche de la granja, es el ganadero quien tiene una mayor responsabilidad en la reducción del impacto ambiental de la leche, para lo cual una selección adecuada de la dieta de las vacas, una gestión correcta de los residuos en la granja y la reducción de emisiones asociada al consumo de energía eléctrica y gasoil es fundamental.

Los ganaderos, además, deben exigir al resto de actores implicados en la producción (productores de fertilizantes, de piensos, etc) un compromiso en la consideración ambiental de dichas producciones.

El ahorro potencial de emisiones que está en manos de los ganaderos es del 20,25% de las de su responsabilidad, por lo que son una pieza clave en la reducción de gases de efecto invernadero en la producción láctea.

Los resultados de las encuestas realizadas a los consumidores muestran que no tienen una especial fidelidad por la marca de leche, ya que sólo un 6% de los participantes respondieron que nunca cambiarían su marca de leche. Si tomamos las respuestas más proclives al cambio de marca, un 74,5% de los consumidores estarían dispuestos a dicho cambio.

Dentro de los consumidores con más disposición al cambio de marca de leche, el 84,3% está entre 36 y 45 años, y uno de los factores que determinan mayor disposición al cambio de marca de leche es tener hijos (85,2%), por lo que hay un nicho importante de consumidores dispuestos a cambiar de marca de leche, que además consumen grandes cantidades de dicho producto.

Los principales factores para elegir la marca de leche son el precio, la calidad y el origen (producción nacional), y son precisamente esos factores los más importantes a la hora de cambiar de marca. En este sentido llama la atención que mientras sólo en un 11,5% de las respuestas se selecciona la marca de leche actual por cuestiones ambientales, en un 24% de las respuestas se apunta a esas cuestiones ambientales como elemento para el cambio de marca. Ese elemento hace pensar que hay margen para poner en valor los esfuerzos ambientales de los productores para conseguir un cambio en la selección de marca de los consumidores.

Este hecho se confirma con las respuestas que marcan que un 43,5% de los encuestados pagarían un extra coste por cuestiones ambientales de la marca de leche.

Por último, las respuestas apuntan a que la mejor forma de recibir información sobre los esfuerzos ambientales de las marcas de leche es mediante una etiqueta en el propio envase.

4. CONCLUSIÓN

El sector lácteo puede reducir el impacto de la producción en porcentajes importantes, y dicha reducción puede ser puesta en valor para un gran número de consumidores que podrían cambiar la selección de la marca de leche según esos esfuerzos.

5. BIBLIOGRAFÍA

Bormann, T. (2011). *Life Cycle Assessment of Milk Production in the Western Cape*. The Green House, Project: 09024

De Laval. (w.v). *Energy use within dairy farming*. http://www.delavalcorporate.com/globalassets/sustainability/energy-report/delaval_energyreport.pdf (retrieved: 14.09.2017).

Ecofys. (2015). *Fertilizers and Climate Change*. Looking to 2050 –Final-. Ecofys.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Animal Production and Health Division. (2010). *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment*.

Hospido, A., Moreira, M.T. & Feijoo, G. (2003). Simplified life cycle assessment of Galician milk production. *International Dairy Journal*, 13, 783-796.

Intelligent Energy Europe. (2013). *Efficient 20. Results, lessons, impacts. (Final publishable report)*.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use (Volume 4)*.

International Dairy Federation (IDF). (2009). Environmental/Ecological impact of the dairy sector: Literature review on dairy products for an inventory of key issues, list of environmental initiatives and influences on the dairy sector. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 436.

Leschen, J.P., van den Berg, M., Westhoek, H.J., Witzke, H.P. & Oenema, O., (2011). Greenhouse gas emission profiles of European livestock sector. *Animal Feed Science and Technology*, June 2011, 16-28.

Minghui X., Li L., Qi Q., Qihong S. & Tichang S. (2011). A comparative study on milk packaging using life cycle assessment: from PA-PE-Al laminate and polyethylene in China. *Journal of Cleaner Production*, 17, 2100-2106.

Pirlo, G. (2012). Cradle-to-farm gate analysis of milk carbon footprint: a descriptive review. *Italian Journal of Animal Science*, 11, 109-118.

Tengfang, X. & Flapper, J. (2009). Energy use and implications for efficiency strategies in global fluid-milk processing industry. *Energy Policy*, 37, 5334-5341.

Torquati, B., Taglioni, C. & Cavicchi, A. (2015). Evaluating the CO2 Emissions of the Milk Supply Chain in Italy: An Exploration Study. *Sustainability*, 2015 (7), 7245-7260.

Thoma, G., Popp, J., Nutter, D., Shonnart, D., Ulrich, R., Matlock, M., Soo Kim, D., Neiderman, Z., Kemper, N., East, C. & Adom, F. (2013). Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. *International Dairy Journal*, 31.

Yan, M-J., Humphreys, J. & Holden, N.M. (2010). An evaluation of life cycle assessment of European milk production. *Journal of Environmental Management*, 2010.