



## Fuentes de variación en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas lecheros de la España húmeda

Se presentan los resultados del trabajo de investigación llevado a cabo con el objetivo de estimar los GEI que emiten las explotaciones cántabras y de buscar relaciones con los factores de producción que proporcionen estrategias de mitigación.

**G. Salcedo**

CIFP La Granja, 39792, Heras, Cantabria  
gregoriosal57@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas lecheros de Cantabria, y por extensión a la cornisa cántabrica, pueden ser clasificados en intensivos ( $I_x$ ), semiintensivos ( $S_x$ ) y extensivos ( $E_x$ ). Los *inputs* son mayores en los primeros y menor la superficie; la intensificación forrajera es la base de los segundos y en el aprovechamiento de la hierba los extensivos. El proceso de intensificación del sector lechero en Cantabria está caracterizado por una alta carga ganadera, elevado porcentaje de

concentrado, la mejora genética y una gran producción de leche por hectárea. Sin embargo, los efectos de la intensificación de la producción lechera sobre los impactos ambientales no están del todo clarificados (Bava *et al.*, 2014).

El ganado contribuye con el calentamiento global mediante las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), procedente de la combustión de la energía fósil y cambio de uso del suelo; el metano ( $\text{CH}_4$ ), consecuencia fisiológica de la fermentación entérica y del estiércol en los rumiantes y del óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), causado por el manejo del estiércol, la fertilización y el suelo a través de los procesos de nitrificación y desnitrifi-

cación (De Vries y De Boer, 2010). Por contra, la producción de leche puede contribuir al secuestro de carbono en el suelo con el aporte de restos vegetales y estiércol (Soussana *et al.*, 2010).

Los modelos de simulación son utilizados para estimar el alcance de los gases producidos en los procesos de producción de la leche. Todos ellos incluyen factores de emisión relacionados con los diferentes procesos, pudiendo ser empíricos o estadísticos, simulando procesos mecánicos o mediante un análisis de ciclo de vida (Rotz, 2017). El DairyCant (Salcedo, 2015) es un modelo empírico basado en la investigación y el análisis estadístico que simula aspectos de manejo relacionados con la producción y la salud medio ambiental de las explotaciones lecheras.

Diferentes estrategias son consideradas para reducir las emisiones de GEI en la producción de leche. Entre otras, la alimentación equilibrada contribuye a reducir el metano entérico (van

## ► LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA INGESTA DE ALIMENTO SON DOS DE LOS PARÁMETROS MÁS INFLUYENTES EN LAS ESTIMACIONES DE LA HUELLA DE CARBONO

Middelhaar *et al.*, 2013; van Gastelen *et al.*, 2015), incrementar la eficiencia en la conversión de alimento a leche (Basarab *et al.*, 2013), aumento de la productividad animal (Bell *et al.*, 2011), mejora en la producción de alimentos (Kristensen *et al.*, 2011), reducir la compra de alimentos y fertilizantes (Basarab *et al.*, 2013) y mayor utilización del pastoreo (O'Brien *et al.*, 2014), el cual proporciona un mayor potencial de secuestro de carbono (Zotarelli *et al.*, 2012).

Los objetivos del presente trabajo fueron estimar los GEI a tres niveles (hectárea, unidad de ganado mayor y litro de leche) y la búsqueda de relaciones con los factores de producción que proporcionen estrategias de mitigación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción de las explotaciones

Un total de 174 granjas lecheras fueron encuestadas y analizadas bajo una perspectiva de análisis de ciclo de vida, con el modelo de simulación "DairyCant" (Salcedo, 2015) durante el periodo 2014-2018. La muestra representó el 13,9 % de las 1247 explotaciones lecheras existentes en Cantabria (ICANE, 2018). Las entrevistas *in situ* incluían cuestiones relacionadas con: i) localización, ii) base territorial y distribución forrajera, iii) fertilización; iv) composición y manejo del rebaño, v) alimentación de los animales, vi) producción y composición química de la leche, vii) maquinaria, viii) consumo de energía.

Las características técnico-productivas de las explotaciones se indican en la tabla 1. El manejo y la dedicación del forraje presentaron gran variabilidad entre explotaciones. Los cultivos forrajeros representan el 16,8±21,6 % de la superficie agrícola útil (SAU), donde el 15,4±20,7 % corresponde a maíz en rotación con *Lolium multiflorum*. La siembra de aquel se realiza a primeros de mayo y se recolecta hacia mediados de setiembre, con rendimientos variables

de 9 a 13 t MS ha<sup>-1</sup>, conservándose en silos trinchera. Mientras, el *Lolium multiflorum* se aprovecha para ensilado en uno o dos aprovechamientos, o bien dos cortes en verde y un tercero para ensilado, con rendimientos medios de 6,5 t MS ha<sup>-1</sup>. El 28,7 % de las explotaciones muestreadas conservan la hierba en silos trinchera y el 71,3 % en microsilos y similar porcentaje del 76,1 % para el raigrás italiano. La producción de forraje fue de 7159±2148 kg de materia seca por hectárea (tabla 1). Los alimentos producidos representan el 51,9±14,5 % del total ingerido.

La producción media de leche anual por vaca, hectárea y explotación es de 8,5±2,3; 17,2±10,9 y 582±655 toneladas respectivamente. El 40,2 % de las explotaciones ofrecen los alimentos como una ración total mezclada. La eficiencia alimenticia (kg leche/kg MS ingerida) es de 1,19±0,25 kg para las vacas de leche, reduciéndose hasta 0,82±0,21 litros al considerar todos los animales de la explotación. Los terneros son vendidos a los 10-15 días de nacer y el 39,6±11,8 % de las hembras se crían para reposición (tabla 1). ▶▶

# Seal+ plus

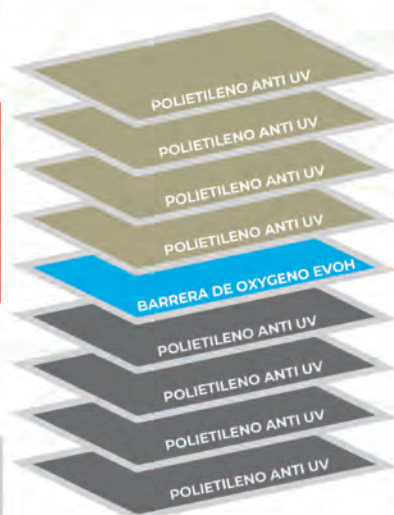
FROM 2GAMMA THE INVENTOR OF OXYGEN BARRIER SILAGE FILM

## La Barrera de Oxígeno EVOH protege su silo bloqueando la transpiración.

### La Película de plástico para ensilaje con Barrera de Oxígeno EVOH.

- ✓ Barrera de Oxígeno EVOH.
- ✓ Anchura: desde 4 a 64 mt.  
Longitud: hasta 600 mt.
- ✓ Adecuado para todas las  
necesidades

**NUEVO SEALPLUS CON  
9 CAPAS**  
**100 VECES MEJOR  
QUE UN PLASTICO  
DE PE TRADICIONAL**



SealPlus - 2 Gamma Srl:  
Corso Inghilterra 15, Mondovì, CN - Tel.: +39 0174 597679  
www.sealplus.com - info@sealplus.com

Distribuido por:  
**AGUSTÍ PLA NESPLE - TONA (BCN)**  
Móvil: +34 609 729711 - Mail: agustipla@hotmail.com



**Tabla 1. Características técnico-productivas de las explotaciones (n=174)**

| Fuentes de variación                                               | Media | CV (%) |
|--------------------------------------------------------------------|-------|--------|
| <b>Animales</b>                                                    |       |        |
| Vacas de leche                                                     | 69    | 89,8   |
| Vacas secas                                                        | 11    | 90,9   |
| Novillas < 1 año                                                   | 26    | 107    |
| Novillas > 1 año                                                   | 26    | 96,1   |
| Carga ganadera, UGM ha <sup>-1</sup>                               | 3,25  | 52,3   |
| Reposición < y > 1 año, %                                          | 39,6  | 29,8   |
| <b>Tierra</b>                                                      |       |        |
| SAU, ha                                                            | 36,4  | 53,8   |
| Pradera, ha                                                        | 29,0  | 57,2   |
| Superficie de pradera dedicada a hierba verde, %                   | 43,4  | 82,0   |
| Superficie de pradera dedicada a ensilado hierba, %                | 56,8  | 62,5   |
| Superficie maíz, ha                                                | 6,8   | 172    |
| SAU, maíz %                                                        | 15,4  | 134    |
| Cultivos forrajeros UGM <sup>-1</sup>                              | 0,051 | 129    |
| Raigrás italiano después del maíz, ha                              | 6,8   | 170,5  |
| Hierba para ensilado, kg MS <sup>1</sup>                           | 2596  | 62,0   |
| Hierba para consumo en verde, kg MS <sup>1</sup>                   | 2140  | 86,5   |
| Maíz para ensilado, kg MS <sup>1</sup>                             | 3174  | 54,7   |
| Raigrás italiano para ensilado, kg MS <sup>1</sup>                 | 2163  | 51,4   |
| Materia seca final, kg ha <sup>-1</sup>                            | 7159  | 30     |
| <b>Alimentos y fertilizantes</b>                                   |       |        |
| Compra concentrados, t ha <sup>-1</sup>                            | 8,2   | 73,1   |
| Compra forrajes, t ha <sup>-1</sup>                                | 2,9   | 116,4  |
| Fertilizante, kg N ha <sup>-1</sup>                                | 25    | 200    |
| Fertilizante, kg P ha <sup>-1</sup>                                | 15    | 2137   |
| Fertilizante, kg K ha <sup>-1</sup>                                | 9     | 211    |
| Orgánico, kg N ha <sup>-1</sup>                                    | 329   | 72     |
| Orgánico, kg P ha <sup>-1</sup>                                    | 37    | 145,9  |
| Orgánico, kg K ha <sup>-1</sup>                                    | 280   | 53,9   |
| Fertilizante nitrogenado maíz, kg N ha <sup>-1</sup>               | 122   | 54,1   |
| <b>Producción de leche</b>                                         |       |        |
| Leche ECM, t explotación                                           | 582   | 97     |
| Leche ECM t ha <sup>-1</sup>                                       | 17,2  | 62,7   |
| Leche vaca lechera año, t ECM año <sup>-1</sup>                    | 8,5   | 27,6   |
| Eficiencia utilización del N, % VL                                 | 26,3  | 20,9   |
| Eficiencia utilización del N, % CR                                 | 17,9  | 34,6   |
| Eficiencia, litros leche kg <sup>-1</sup> MS ingerida vaca lechera | 1,19  | 21     |
| Eficiencia, litros leche kg <sup>-1</sup> MS conjunto rebaño       | 0,82  | 25,6   |

SAU: Superficie Agrícola Útil; <sup>1</sup>: proporcional al % de SAU; ECM: leche corregida por grasa; VL: vacas lecheras; CR: conjunto rebaño; CV: coeficiente de variación

posibles, en cualquier caso, la UF debe ser fácil de definir y medir (ISO, 1997). Las UFs utilizadas en este trabajo fueron: i) una hectárea, ii) una unidad de ganado mayor (UGM) y iii) un litro de leche corregido por energía (ECM) a la salida de la explotación (Sjaunja *et al.*, 1990).

### Descripción y componentes del DairyCant

El DairyCant es un modelo empírico basado en la investigación y el análisis estadístico que simula aspectos de manejo relacionados con la producción y la salud medioambiental de las explotaciones lecheras. El modelo estima los flujos de N y C de las explotaciones lecheras de la España húmeda, así como la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero y diferentes impactos ambientales, entre otros la eutrofización y acidificación potencial, ocupación del territorio y el uso indirecto del suelo. Los balances (entradas / salidas) de C, N y P fueron modelizados a nivel animal, explotación y suelo para los sistemas de producción lechera extensivos, semiintensivos e intensivos respectivamente.

### Porcentaje de CO<sub>2-eq</sub> atribuido a la leche y carne

Además de la leche, todas las explotaciones venden terneros y vacas de desvieje; por lo tanto, un determinado porcentaje de las emisiones son asignadas a la producción de leche o de carne (Cederberg y Stading, 2002). La asignación se estimó por el método del IDF (2010) usando la fórmula  $AF = 1 - 5,7717 \times R$ ; donde AF es el factor de asignación;  $R = M \text{ carne} / M \text{ leche}$ ;  $M \text{ carne}$  = suma de peso vivo vendido de todos los animales por hectárea y  $M \text{ leche}$  = es la suma de la leche vendida por hectárea.

### Emisiones indirectas atribuidas al cambio indirecto de uso del suelo y por la importación de soja

El factor de emisión de 143 g CO<sub>2</sub> (Audsley *et al.*, 2009) fue asumido para el cambio indirecto de uso del suelo (iLUC) y 2,98 kg CO<sub>2</sub> por kilo de soja importada (FAO 2010) citado por Battini *et al.* (2016), excluyéndose del cálculo para esta última a las explotaciones ecológicas.

### Secuestro de carbono

El secuestro de carbono en el suelo se estimó conforme a Petersen *et al.* (2013), considerando las entradas de purín más los restos vegetales de las cosechas por encima del suelo y las raíces ►

### UNIDAD FUNCIONAL Y LÍMITES DEL SISTEMA

La metodología de evaluación del ciclo de vida requiere de una unidad funcional (UF), que es un atributo del producto o sistema, y se utiliza como

un escalor cuantitativo para fines de comparación, en nuestro caso sistemas de producción. Puede haber más de una UF porque un sistema puede tener una serie de funciones



## EasyCut TS/TC

Segadoras de discos arrastradas



- Modelos con brazo lateral (TS) y brazo central (TC)
- SmartCut: hilera sin dejar franjas
- SafeCut: discos protegidos individualmente



PRÓXIMA APERTURA

**Tabla 2. Componentes principales (CP)**

| Variables                                               | CP1   | CP2   | CP3   |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| UGM ha <sup>-1</sup>                                    | 0,972 |       |       |
| Compra forraje y concentrado, kg ha <sup>-1</sup>       | 0,954 |       |       |
| Litros leche por hectárea                               | 0,895 |       |       |
| SAU maíz, %                                             |       | 0,930 |       |
| Superficie de cultivos forrajeros, ha UGM <sup>-1</sup> |       | 0,927 |       |
| SAU maíz, ha                                            |       | 0,817 |       |
| Superficie total de la explotación, ha <sup>-1</sup>    |       |       | 0,962 |
| Vacas lecheras totales                                  |       |       | 0,698 |
| Autovalor                                               | 3,19  | 2,56  | 1,62  |
| Varianza, %                                             | 52,1  | 26,9  | 13,8  |
| Varianza acumulada, %                                   | 52,1  | 78,4  | 92,3  |

por debajo. Se consideró un contenido en carbono de la biomasa vegetal del 45 %, mientras que el del purín fue estimado para un contenido en materia seca del 10,6±2,6 %, relación C/N de 11,9 y un contenido en materia orgánica del 74±8,8 % (Salcedo, 2011).

### Análisis estadístico

La tipología de explotaciones fue desarrollada a partir de la metodología descrita por Toro-Mújica *et al.* (2012), consistente en tres etapas: revisión y selección de las variables, análisis de componentes principales y análisis clúster (Köbrich *et al.*, 2003). Inicialmente se obtuvieron 33 indicadores técnicos-productivos utilizados para describir los sistemas de vacuno de leche. Las variables iniciales constituyeron indicadores relacionados con la producción, el tamaño, el uso y tenencia de la tierra. A partir de aquellas variables se obtienen 252 salidas del modelo de simulación Dairy-Cant (Salcedo, 2018), agrupándose en: i) producción de forrajes; ii) alimentación; iii) producción y calidad de la leche; iv) excreción de estiércol, N y P; v) balance de nutrientes de la explotación; vi) producción de gases de efecto invernadero e impactos ambientales y vii) balance de N y P en el suelo.

En una primera fase se seleccionaron 33 variables, aquellas con un coeficiente de variación superior al 60 % (tabla 1). Más tarde se analizó la matriz de correlaciones para descartar las variables no correlacionadas y la de menor coeficiente de variación de cada par con dependencia lineal. En este proceso de selección resultaron 8 variables: i) carga ganadera, UGM ha<sup>-1</sup>; ii) compra de forraje y concentrado, kg ha<sup>-1</sup>; iii) producción de leche por hectárea, litros ha<sup>-1</sup>; iv) porcentaje de SAU de maíz; v) superficie de cultivos forrajeros por UGM; vi) SAU de maíz, ha; vii) superficie total de la explotación, ha y viii) vacas de leche totales.

En una segunda fase se utilizó un análisis de componentes principales para

reducir el número de variables y resumir la mayor parte de la variabilidad. Las 8 variables seleccionadas fueron estandarizadas para evitar la influencia por el uso de diferentes escalas (Uriel y Aldas, 2005). Una vez seleccionados los componentes, se aplicó la rotación ortogonal varimax para relacionar más fácilmente las variables iniciales con los componentes obtenidos (Gelasakis *et al.*, 2012). La prueba de esfericidad de Barlett y el índice Kaiser-Meyer-Okin (KMO) fueron aplicados para verificar la adecuación de componentes principales (Gelasakis *et al.*, 2012).

En una tercera fase, las explotaciones fueron clasificadas en grupos utilizando un análisis clúster con los componentes seleccionados. Se utilizó un análisis clúster jerárquico basado en las distancias Euclidianas, Euclidianas al cuadrado y el Manhattan con el método de Ward, el cual optimiza la variabilidad dentro de los clústeres (Uriel y Aldas, 2005). Las tres agrupaciones fueron testadas mediante un análisis discriminante y análisis de varianza. Finalmente, para caracterizar y comparar los grupos identificados se utilizó ANOVA con el test de Tukey con el paquete estadístico (SPSS, 2006).

Las relaciones entre la huella de carbono de la leche y las características individuales de las explotaciones son medidas usando el coeficiente Pearson, cuando los datos son normalmente distribuidos y el de Spearman rho cuando no lo son. Un análisis de regresión de mínimos cuadrados se usó para evaluar las relaciones entre la huella de carbono y las características técnico-productivas de las explotaciones.

### RESULTADOS

#### Características técnico-productivas de las explotaciones

La prueba de esfericidad de Barlett fue significativa ( $P < 0,001$ ) y la prueba de KMO de 0,74, indicando la adecuación de los datos al análisis de componentes principales. Se seleccionaron los tres primeros componentes, con un autovalor mayor que 1 (Uriel y Aldas, 2005), que explicaron el 92,3 % de la variabilidad original (tabla 2).

El primer componente principal explicó el 52,1 % de la variabilidad y se relacionó con la productividad de las explotaciones. Puntuaciones elevadas corresponden a explotaciones de mayor número de animales, consumo de concentrado y producción de leche. El segundo componente principal se refiere al uso de la tierra, que justificó el 26,2 % de la varianza e indica la relación entre la actividad agrícola y la producción final forraje. Puntuaciones elevadas en este componente se corresponden con explotaciones de mayor orientación agrícola a la producción de forrajes respecto a la producción de hierba. El tercer componente principal describe la dimensión, revelando el 13,8 % de la variabilidad e indica la relación existente la superficie total y el número de vacas lecheras en la explotación.

La agrupación óptima fue de 3 clústeres con la distancia Euclidianas, conformados por: grupo I: 70 explotaciones (40,2 %); grupo II: 49 explotaciones (28,1 %) y grupo III: 55 explotaciones (31,6 %) [figura 1]. ▶▶



# Expertos en silaje.

- Tenemos programas de mejora de maíz **específicos para silo**.
- **Seleccionamos**, además de por el rendimiento en grano, por digestibilidad de la fibra, el tipo de grano y alto stay green.
- Nuestro **equipo técnico comercial está altamente capacitado** para asesorar a los ganaderos y contribuir para lograr la mayor transformación a leche o carne.
- Resultado de todo este trabajo, **somos la empresa número 1 en ventas de maíz para silo en Europa\***.

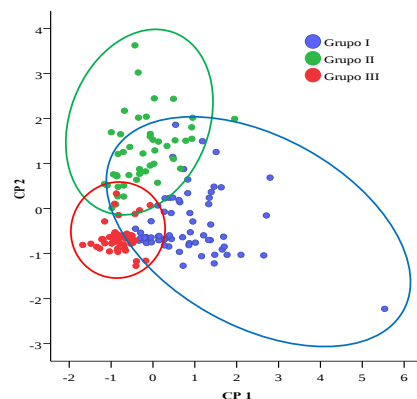
\*AMIS Kleffmann 2019.

[www.kws.es](http://www.kws.es)

**SEMBRANDO  
EL FUTURO  
DESDE 1856**



**Figura 1. Posición de las explotaciones conforme a los puntajes obtenidos para CP1 y CP2**



El análisis discriminante clasificó de manera correcta el 85,6 % de las explotaciones. En la tabla 3 se muestran las diferencias y similitudes de los grupos identificados.

En base a esta información se describe la siguiente tipología:

**Grupo I: explotaciones intensivas ( $I_n$ )**  
Este grupo concentra el 40,2 % de las explotaciones. Se trata de granjas con mayor número de vacas lecheras y producción de leche por hectárea (tabla 3). La compra de alimentos representa el 54,5±12,5 %, de los cuales, el 72,3±13,1 % son concentrados. La alfalfa y la paja de cereales son los forrajes mayoritariamente comparados. El concentrado simboliza el 46,8 % de la dieta de las vacas lecheras. El número de UTA (unidades de trabajo agrario) y la producción de leche por UTA fueron estadísticamente similares entre sistemas lecheros. ▶▶

**Tabla 3. Comparación de explotaciones (media ± desviación estándar)**

|                                                                 | Grupo de explotaciones (%) |                           |                        |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
|                                                                 | I Intensivas (40,2%)       | II Semiintensivas (28,1%) | III Extensivas (31,6%) |
| <b>Rebaño</b>                                                   |                            |                           |                        |
| Vacas de leche                                                  | 87±82b                     | 72±46b                    | 44±27a                 |
| Vacas secas                                                     | 13±12b                     | 12±10ab                   | 9±7a                   |
| Novillas < 1 año                                                | 33±38b                     | 27±22b                    | 16±10a                 |
| Novillas > 1 año                                                | 31±31b                     | 28±33b                    | 17±12a                 |
| UGM ha <sup>-1</sup>                                            | 4,6±1,6c                   | 2,9±1,2b                  | 1,7±0,5a               |
| Novillas reemplazo, %                                           | 38,6±10,6a                 | 40±14a                    | 40±11a                 |
| Vacas leche ha <sup>-1</sup>                                    | 2,8±1,0c                   | 1,7±0,69b                 | 1,02±0,34a             |
| <b>Uso de la tierra y fertilización</b>                         |                            |                           |                        |
| Superficie, ha                                                  | 29,4±21,4a                 | 39,3±15,9b                | 42,7±17,7b             |
| Pradera, ha                                                     | 24,2±14,4a                 | 21,5±8,3a                 | 41,7±17,5b             |
| Dedicado a verde, %                                             | 34,4±34,7a                 | 24,3±25,2a                | 71,9±26,4b             |
| Dedicado a ensilado, %                                          | 65,5±34,7b                 | 76±25b                    | 28,6±26,3a             |
| Maíz, has                                                       | 5,1±11,3b                  | 16,1±12,9c                | 0,6±2a                 |
| Raigrás italiano después de maíz, ha                            | 4,9±11,3b                  | 16±12,7c                  | 0,79±2,4a              |
| Cultivos forrajeros, % de la SAU                                | 11,7±17,3b                 | 40,5±18,4c                | 2,0±6,5a               |
| Fertilizantes, kg N ha <sup>-1</sup>                            | 27,2±49b                   | 44±68b                    | 6±16,2a                |
| Fertilizantes, kg P ha <sup>-1</sup>                            | 18±44b                     | 24±23b                    | 5±16a                  |
| Fertilizantes, kg K ha <sup>-1</sup>                            | 8±17a                      | 16±23b                    | 4,4±15,9a              |
| N orgánico, kg ha <sup>-1</sup>                                 | 492±237c                   | 334±164b                  | 118±65a                |
| Fertilizante maíz, kg N ha <sup>-1</sup>                        | 154±71b                    | 106±58a                   | 98±49a                 |
| <b>Producción de forrajes y alimentación</b>                    |                            |                           |                        |
| Materia seca, t ha <sup>-1</sup>                                | 6,8±1,6b                   | 9,2±2,2c                  | 5,8±0,80a              |
| Alimentos producidos en la explotación, %                       | 45,4±12,5a                 | 54,0±10,9b                | 58,2±16,3b             |
| Alimentos comprados, %                                          | 54,5±12,5b                 | 45,9±10,9a                | 41,7±16,3a             |
| Pienso comprado, t ha <sup>-1</sup>                             | 12,3±6,3c                  | 7,8±4,2b                  | 3,4±2,3a               |
| Forrajes comprados, t ha <sup>-1</sup>                          | 4,9±4,3b                   | 1,7±1,6a                  | 1,4±1,4a               |
| Ensilado de maíz, % <sup>1</sup>                                | 8±9b                       | 20,6±10,5c                | 4,4±9,6a               |
| Ensilado de hierba y raigrás, % <sup>1</sup>                    | 19,9±9                     | 17,3±10                   | 17,2±10,6              |
| Henos, % <sup>1</sup>                                           | 16,6±10,4b                 | 9±10a                     | 18±13,4b               |
| Hierba verde, % <sup>1</sup>                                    | 8,6±12,6a                  | 9±15,6a                   | 22,4±17,4b             |
| Concentrados, % <sup>1</sup>                                    | 46,8±10,2b                 | 44,1±9,2b                 | 38±13,7a               |
| <b>Producción de leche</b>                                      |                            |                           |                        |
| Leche vaca lechera año, t año <sup>-1</sup>                     | 8,7±1,9b                   | 9,7±2,4c                  | 7,3±2,2a               |
| Leche, t ha <sup>-1</sup>                                       | 24,1±10,2c                 | 17,2±8,9b                 | 7,5±3,5a               |
| Leche explotación, t año <sup>-1</sup>                          | 744±841b                   | 650±566b                  | 315±273a               |
| Eficiencia utilización del N, % VL                              | 26,4±4,5b                  | 29,4±6,4c                 | 23,4±4,1a              |
| Eficiencia utilización del N, % CR                              | 17,1±4,6a                  | 21,7±7,5b                 | 15,4±5,0a              |
| Eficiencia alimenticia, L leche kg <sup>-1</sup> MS ingerida VL | 1,18±0,2                   | 1,23±0,26                 | 1,16±0,29              |
| Eficiencia alimenticia, L leche kg <sup>-1</sup> MS ingerida CR | 0,83±0,19b                 | 0,88±0,21b                | 0,73±0,24a             |
| <b>Mano de obra</b>                                             |                            |                           |                        |
| Total, UTA                                                      | 4,44±2,9                   | 3,26±1,52                 | 3,15±1,16              |
| T leche UTA <sup>-1</sup>                                       | 224±57                     | 195±69                    | 202±51                 |
| Mano de obra asalariada, %                                      | 34,9±29,1                  | 25,8±22,8                 | 23,7±17,8              |
| Mano de obra familiar, %                                        | 65±29,1                    | 74,1±22,8                 | 76,2±17,8              |

VL: vaca lechera; CR: conjunto rebaño; UTA: Unidad de Trabajo Agrario; <sup>1</sup>: porcentaje de alimento incluido en la dieta de las vacas lecheras; a, b, c; medias con diferente letra dentro de la misma fila difieren significativamente P<0,05

**Nº1**  
**EN PRODUCCIÓN**  
**Y COSTES**  
(30€ bolsa de  
55.000 semillas)



# RUMBOSOL-91

EN EL EQUILIBRIO ESTA LA **CALIDAD**

ENSILADO DE GIRASOL + ENSILADO DE MAÍZ = **LECHE CARDIOSALUDABLE**

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA CON INGESTA DE ENSILADOS DE GIRASOL Y MAÍZ A DIFERENTES PORCENTAJES

| ÁCIDOS GRASOS lg 100g - 1 | 100G - 0M% | 67G - 33M% | 33G - 67M% |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| CLA ruménico              | 0,76       | 0,60       | 0,473      |
| Omega 3                   | 0,505      | 0,429      | 0,365      |
| Saturados                 | 67,7       | 70,6       | 72,88      |
| Insaturados               | 32,2       | 29,3       | 27,3       |

FUENTE: EFECTOS DEL PORCENTAJE DE ENSILADOS DE GIRASOL INCLUIDO EN LA DIETA DE VACAS LECHERAS.  
CONGRESO DE PASTOS TERUEL 2018

**Forraje protéico de alta energía de bajo coste (0'90 UFL)**



PROMOTEC-PG S.L.  
rafa@promotecpg.es  
Tlf. 976 487 293 / 670 098 038

*Grupo II: explotaciones semiintensivas (S<sub>e</sub>)*

Este grupo reúne el 28,1 % de las explotaciones y basan su producción en la intensificación forrajera, con rendimientos medios de  $9,2 \pm 2,2$  t MS ha<sup>-1</sup>. La siembra de cultivos forrajeros (principalmente maíz y raigrás italiano) representa el 40,5±18,4 % de la SAU. El 82 % de la dieta la componen los ensilados de maíz y de hierba y concentrado.

*Grupo III: explotaciones extensivas (Ex)*

Estas explotaciones representan el 31,6 %, disponen de menor carga ganadera e inferior producción de leche por vaca y hectárea (tabla 3), pero similar porcentaje de alimentos comprados a los semiintensivos (tabla 3). La pradera representa el 97,6 % de la SAU, aprovechándose en verde (diente o pesebre) el 71,9 % y la diferencia a 100 como ensilado o heno. La mano de obra familiar representa el 76,2 % en este tipo de explotaciones.

**Emisiones de gases de efecto invernadero y sus relaciones con el manejo**

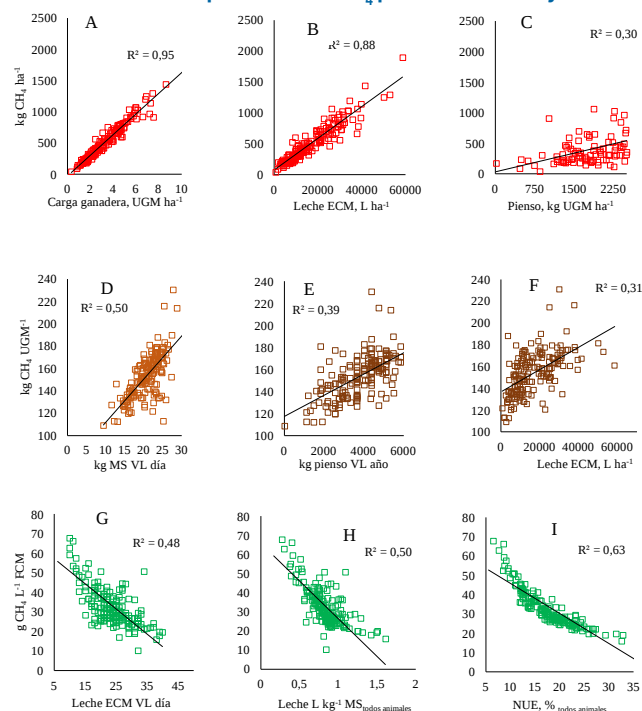
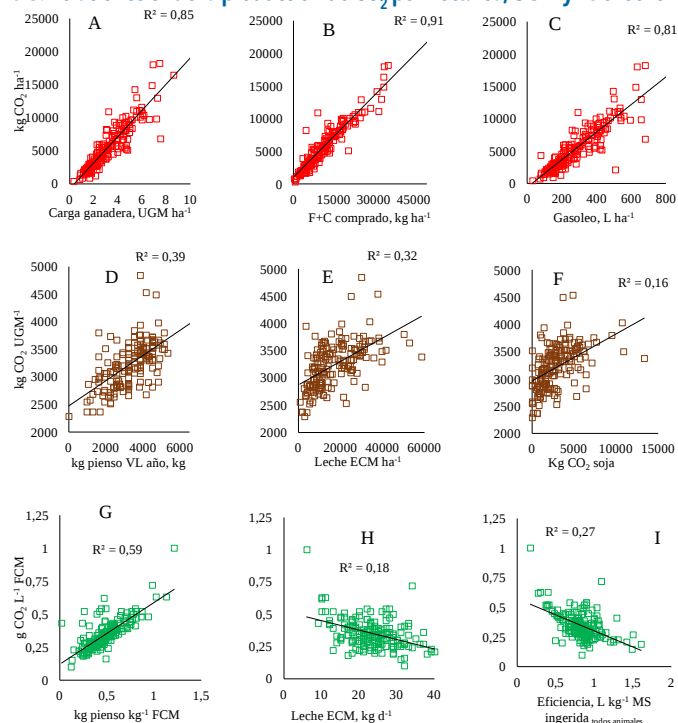
Los porcentajes de metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) por hectárea, unidad de ganado mayor (UGM) y litro de leche ECM en el conjunto de explotaciones fueron del 55,9±3,8 %, 28,2±3,8 % y 15,8±2,0 %, respectivamente. Las emisiones de CH<sub>4</sub> por hectárea fueron superiores en los intensivos (P<0,05), y las menores en los extensivos, sin diferencias porcentuales entre sistemas de producción respecto a las totales (tabla 4). La carga ganadera y la producción de leche se relacionaron positivamente, equivalente a 165 kg CH<sub>4</sub>UGM<sup>-1</sup> y 0,026 kg CH<sub>4</sub> por litro de leche (figura 2A y B) y negativamente, con el consumo de concentrado por UGM en -0,35 kilos (figura 2C). Mientras, el metano por UGM fue menor (P<0,05) en los extensivos (E<sub>x</sub>), sin diferencias entre los intensivos (I<sub>n</sub>) y semiintensivos (S<sub>e</sub>) [tabla 4].

En cualquier caso, el metano por UGM se relacionó positivamente con la ingestión de materia seca vaca lechera y día; el consumo de concentrado vaca año y los litros de leche por hectárea (figura 2 D, E y F) con pendientes medias de 3,87; 0,01 y 0,001 kg respectivamente. El metano por litro de leche fue un 16,4 % inferior en las explotaciones S<sub>e</sub> (P<0,05) respecto a los I<sub>n</sub> y 33,3 % a los E<sub>x</sub> (tabla 4). Las variables mejor relacionadas fueron la producción de leche vaca y día, eficiencia de alimentación en litros de leche por

kilo de materia seca ingerida en todos los animales (EA<sub>todos</sub>) y la eficiencia de utilización del nitrógeno de la dieta en todos los animales (NUE<sub>todos</sub>), obteniéndose pendientes medias de -1,29; 39,4 y 1,56 g L<sup>-1</sup> leche ECM respectivamente (figura 2 G, H y I).

**Tabla 4. Emisiones de gases de efecto invernadero por hectárea (media ± desviación estándar)**

| Grupo de explotaciones (%)          |                       |                            |                         |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
|                                     | I Intensivas (40,2 %) | II Semiintensivas (28,1 %) | III Extensivas (31,6 %) |
| <b>CH<sub>4</sub>, kg</b>           |                       |                            |                         |
| Entérico                            | 575±221c              | 381±164b                   | 198±70a                 |
| Estiércol                           | 157±62c               | 103±45b                    | 54±19a                  |
| kg hectárea <sup>-1</sup>           | 732±282c              | 484±209b                   | 252±89a                 |
| kg UGM <sup>-1</sup>                | 157±16b               | 163±19b                    | 142±18a                 |
| g L <sup>-1</sup> ECM               | 33,1±8,3b             | 28,5±8,5a                  | 38±16,6b                |
| % sobre total en CO <sub>2-eq</sub> | 55,3±3,3              | 55,8±3,5                   | 56,6±4,5                |
| <b>CO<sub>2</sub>, kg</b>           |                       |                            |                         |
| Gasóleo                             | 1383±494c             | 877±351b                   | 531±164a                |
| Electricidad                        | 953±383c              | 655±340b                   | 304±132a                |
| Fertilizantes nitrogenados          | 120±163b              | 244±367c                   | 21±55a                  |
| Fertilizantes fosfatados            | 12±19b                | 22±22c                     | 3±9a                    |
| Forrajes comprados                  | 1312±1248b            | 476±728a                   | 319±402a                |
| Concentrados comprados              | 4259±2276c            | 2526±1402b                 | 1199±766a               |
| Plásticos                           | 3±2,75b               | 5±3c                       | 0,76±1,4a               |
| Semillas                            | 2,3±3,5b              | 8,2±4,4c                   | 0,32±0,99a              |
| Actividades agrícolas               | 229±116a              | 378±136b                   | 193±108a                |
| Aplicación purín                    | 102±45c               | 70±31b                     | 32±15a                  |
| Compra novillas                     | 0,83±2,2b             | 1±2,2b                     | 0,02±0,13a              |
| kg hectárea <sup>-1</sup>           | 8377±3842a            | 5262±2563b                 | 2605±1251c              |
| kg UGM <sup>-1</sup>                | 3300±348b             | 3422±409b                  | 2987±374a               |
| kg L <sup>-1</sup> ECM              | 0,37±0,09b            | 0,30±0,08a                 | 0,37±0,1b               |
| % sobre total en CO <sub>2</sub>    | 29,5±3,1b             | 28,1±3,4b                  | 26,6±4,3a               |
| <b>N<sub>2</sub>O, kg</b>           |                       |                            |                         |
| Excretado en establo                | 2,8±1,3c              | 1,9±0,9b                   | 0,69±0,38a              |
| Aplicación de fertilizantes         | 0,22±0,30c            | 0,44±0,68b                 | 0,04±0,10a              |
| Volatilización                      | 0,49±0,78b            | 0,57±0,55b                 | 0,18±0,35a              |
| Lixiviados                          | 0,71±0,63b            | 0,75±0,35b                 | 0,19±0,27a              |
| Aporte purín                        | 1,01±0,9b             | 0,67±0,62b                 | 0,30±0,21a              |
| Fijación biológica                  | 1,11±1,7b             | 0,82±1,0b                  | 0,26±0,36a              |
| Rumen                               | 0,55±1,2b             | 0,08±0,10a                 | 0,14±0,26a              |
| Gasóleo                             | 1±1a                  | 0,90±0,74a                 | 0,70±0,64a              |
| Compra fertilizantes nitrogenados   | 0,30±0,63             | 0,17±0,34                  | 0,12±0,33               |
| Forrajes comprados                  | 1,48±1,9b             | 0,34±0,56a                 | 0,59±0,58a              |
| Concentrados comprados              | 2,1±2,2b              | 1,3±1,5a                   | 0,71±0,65a              |
| Mineralización y restos vegetales   | 1,64±1,2b             | 1,24±0,76a                 | 1,03±0,5a               |
| kg hectárea <sup>-1</sup>           | 13,4±5,3a             | 9,2±3,6b                   | 5±1,7c                  |
| kg UGM <sup>-1</sup>                | 2,92±0,53a            | 3,15±0,49b                 | 2,86±0,57a              |
| g L <sup>-1</sup> ECM               | 0,61±0,16a            | 0,55±0,18a                 | 0,76±0,38b              |
| % sobre total en CO <sub>2-eq</sub> | 15,1±1,6a             | 15,9±1,8b                  | 16,7±2,2c               |

Figura 2. Relaciones entre la producción de  $\text{CH}_4$  por hectárea, UGM y litro leche ECM

 Figura 3. Relaciones entre la producción de  $\text{CO}_2$  por hectárea, UGM y litro leche ECM


El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) representó el  $28,3 \pm 3,8$  % del total de emisiones por hectárea, con máximos del  $29,5 \pm 3,1$  % en las  $I_n$  y mínimos de  $26,6 \pm 4,3$  % las  $E_x$  (tabla 6). Porcentualmente, estas últimas explotaciones emiten un 69 %, 9,5 % y 9,8 % menos por hectárea, UGM y por litro de leche ECM respecto a las intensivas. La energía, la compra de alimentos y las actividades agrícolas contribuyeron

con el 98 %, 94 % y 99 % del total de  $\text{CO}_2$  por hectárea para las explotaciones  $I_n$ ,  $S_e$  y  $E_x$  respectivamente. El fertilizante nitrogenado representó el mayor porcentaje de  $\text{CO}_2$  de la compra de fertilizantes (tabla 4) y entre sistemas, la mayor proporción se localizó en las  $S_e$  ( $P < 0,05$ ), atribuido a la mayor superficie de maíz (tabla 3). La compra de concentrado constituyó el 51 %, 48 % y el 46 % del total del  $\text{CO}_2$

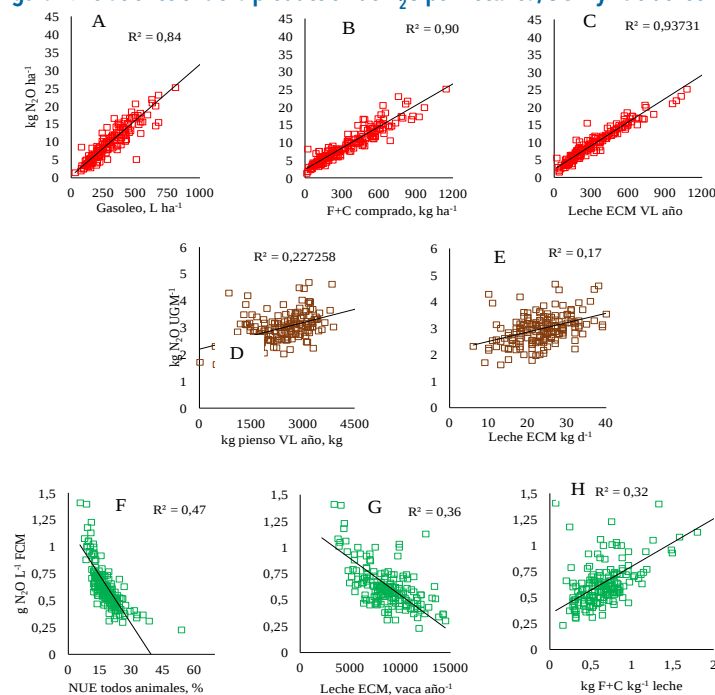
por hectárea para las granjas  $I_n$ ,  $S_e$  y  $E_x$  respectivamente.

La carga ganadera, la compra de forraje y concentrado y el gasóleo se relacionaron positivamente con las emisiones de  $\text{CO}_2$  por hectárea (figuras 3A, B y C), con pendientes medias de  $1984 \text{ kg CO}_2 \text{ UGM ha}^{-1}$ ,  $0,41 \text{ kg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ alimento comprado}$  y  $21,3 \text{ kg CO}_2 \text{ L}^{-1} \text{ gasóleo}$ . De igual modo, los kilos de  $\text{CO}_2 \text{ UGM}^{-1}$  se relacionaron positivamente con los kilos de concentrado vaca lechera ( $R^2 = 0,39$ ); la producción de leche por hectárea ( $R^2 = 0,32$ ) y el  $\text{CO}_2$  debido a la compra de soja ( $R^2 = 0,16$ ) [figuras 3D, E y F] con pendientes medias de 0,23; 0,02 y 0,09  $\text{kg CO}_2$  respectivamente. Mientras y por litro de leche ECM, los kilos de pienso se relacionaron positivamente y negativamente con la producción de leche vaca y día y la eficiencia alimentación ( $EA_{\text{todos}}$ ), obteniéndose pendientes medias de +0,47; -0,001 y -0,27  $\text{kg CO}_2 \text{ L}^{-1} \text{ ECM}$  respectivamente (figuras 3G, H e I).

Las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  fueron diferentes entre sistemas de producción, con valores medios de  $9,59 \pm 5,3 \text{ kg N}_2\text{O por hectárea}$  (tabla 4). Las intensivas reflejaron porcentajes superiores por hectárea del 31 % a las  $S_e$  y 62,6 % las  $E_x$  ( $P < 0,05$ ), sin diferencias significativas por UGM respecto a las  $E_x$ , pero superior por litro de leche las  $E_x$  ( $P < 0,05$ ), sin diferencias respecto a las  $S_e$  (tabla 4).

El 83,1 % del total de  $\text{N}_2\text{O}$  emitido por hectárea en  $I_n$ , 77,9 % en  $S_e$  y el 85,6 % en  $E_x$  procede de las excretas en el establo, aporte de purín, fijación biológica, compra de gasóleo y alimentos, mineralización y restos vegetales. La compra de gasóleo ( $\text{L ha}^{-1}$ ), el aporte de N al suelo (purín y fertilizante,  $\text{kg ha}^{-1}$ ) y el total de N entrado en la explotación (alimentos, fertilizantes, venta de animales, deposición atmosférica y la fijación biológica,  $\text{kg ha}^{-1}$ ) manifestaron buena correlación (figuras 4A, B y C). Reducir un litro de gasóleo, un kilo de N (purín y fertilizante) aportado al suelo y un kilo de N entrado en la explotación pueden descender las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  en 0,02; 0,02 y 0,022  $\text{kg por hectárea}$  respectivamente. El consumo de concentrado por UGM y la producción de leche vaca y día fueron se relacionaron positivamente con las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  por UGM (figura 4D y E), pero con bajo coeficiente de determinación. Mientras, la eficiencia de utilización ►►

**Figura 4. Relaciones entre la producción de N<sub>2</sub>O por hectárea, UGM y litro de leche ECM**



**Tabla 5. Huella de carbono por hectárea, UGM, litro de leche y kg MS de los alimentos (media ± desviación estándar)**

|                                                                                                                      | Grupo de explotaciones (%) |                           |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
|                                                                                                                      | I Intensivas (40,2%)       | II Semiintensivas (28,1%) | III Extensivas (31,6%) |
| <b>Hectárea</b>                                                                                                      |                            |                           |                        |
| ED, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> ha <sup>-1</sup> <sup>A</sup>                                                   | 27942±11213c               | 18303±7922b               | 9464±3525a             |
| Secuestro carbono, kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup>                                                               | -2180±1277c                | -1816±714b                | -666±304a              |
| Soja, kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> <sup>B</sup>                                                               | 4242±2336c                 | 2987±1618b                | 1159±799a              |
| iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> ha <sup>-1</sup>                                                              | 602±314c                   | 323±205b                  | 150±104a               |
| ED+SC+Soja+iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> ha <sup>-1</sup>                                                   | 30655±12569c               | 19940±8859b               | 10219±4044a            |
| <b>UGM</b>                                                                                                           |                            |                           |                        |
| ED, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> UGM <sup>-1</sup>                                                               | 5998±826b                  | 6149±812b                 | 5321±861a              |
| Secuestro carbono, kg CO <sub>2</sub> UGM <sup>-1</sup>                                                              | -464±193b                  | -622±113c                 | -400±304a              |
| Soja, kg CO <sub>2</sub> UGM <sup>-1</sup>                                                                           | 891±285b                   | 976±315b                  | 624±346a               |
| iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> UGM <sup>-1</sup>                                                             | 127±39c                    | 105±44b                   | 81±42a                 |
| ED+SC+Soja+iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> UGM <sup>-1</sup>                                                  | 6526±1044b                 | 6676±1038b                | 5709±1137a             |
| <b>Litro leche ECM</b>                                                                                               |                            |                           |                        |
| ED, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> L <sup>-1</sup> ECM                                                             | 1,25±0,34b                 | 1,07±0,30a                | 1,40±0,57b             |
| Secuestro carbono, kg CO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> ECM                                                            | -0,09±0,03a                | -0,11±0,04a               | -0,11±0,09a            |
| Soja, kg CO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> ECM                                                                         | 0,18±0,05b                 | 0,16±0,04ab               | 0,15±0,08a             |
| iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> L <sup>-1</sup> ECM                                                           | 0,026±0,09b                | 0,017±0,007a              | 0,02±0,11a             |
| ED+SC+Soja+iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> L <sup>-1</sup> ECM                                                | 1,37±0,32a                 | 1,15±0,29a                | 1,48±0,55b             |
| ED+SC+Soja+iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> On-farm L <sup>-1</sup> ECM                                        | 0,88±0,21a                 | 0,78±0,21a                | 1,0±0,39b              |
| <b>Dieta</b>                                                                                                         |                            |                           |                        |
| ED, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> L <sup>-1</sup> ECM                                                             | 0,38±0,12a                 | 0,31±0,04a                | 0,57±0,44b             |
| CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> kg <sup>-1</sup> MS ED+Soja+iLUC, kg CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> L <sup>-1</sup> ECM | 0,37±0,14a                 | 0,41±0,26a                | 0,51±0,4b              |

del nitrógeno de la dieta en el total de animales de la explotación (NUE<sub>todos</sub>) y la producción de leche por vaca y año se relacionaron negativamente, con pendientes medias de -0,03 y -0,0001 g N<sub>2</sub>O por unidad porcentual y litro de leche, respectivamente. Los kilos de forraje y concentrado comprados por litro de leche se relacionaron positivamente, con una pendiente de 0,46 g N<sub>2</sub>O por kilo (figura 4F, G y H).

### Huella de carbono y su relación con el manejo (CO<sub>2</sub>-eq)

La suma de las emisiones directas (ED), las atribuidas al secuestro de carbono (SC), la compra de soja y del uso indirecto del suelo (ED+SC+Soja+iLUC) por hectárea fue superior a ED un 9,7 %; 8,9 % y 7,9 % hectárea; 8,8 %; 8,5 % y 7,3 % por UGM y 9,6 %; 7,4 % y 5,7 % por litro de leche ECM para los I<sub>n</sub>, S<sub>e</sub> y E<sub>x</sub> respectivamente (tabla 5). La huella de carbono por hectárea (ED+SC+Soja+iLUC) difiere entre sistemas de producción (tabla 5); mientras, por UGM y litro de leche ECM la menor se registró en los E<sub>x</sub> (P<0,05). El mayor secuestro de carbono por hectárea se localizó en los I<sub>n</sub> (P<0,05); por UGM en los S<sub>e</sub> (P<0,05), sin diferencias significativas por litro de leche entre sistemas de producción (tabla 5).

Las variables positivamente y mejor relacionadas con las emisiones totales por hectárea para ED+SC+Soja+iLUC en el conjunto de exploraciones fueron la compra de alimentos, la producción de leche, el gasóleo y el surplus de N (figuras 5A, B, C y D), equivalentes a 1,41±0,03 kg CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> kg<sup>-1</sup> (r<sup>2</sup>=0,91); 1,06±0,03 kg L<sup>-1</sup> (r<sup>2</sup>=0,87); 75,9±2,01 kg L<sup>-1</sup> (r<sup>2</sup>=0,89) y 66±1,9 kg kg<sup>-1</sup> (r<sup>2</sup>=0,87) respectivamente. Mientras, las negativas y por hectárea fueron la superficie de pradera por UGM, equivalentes a 27,8±2,4 t CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> (r<sup>2</sup>=0,41) y el porcentaje de SAU dedicado al consumo de hierba fresca de -172±24 kg CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> (r<sup>2</sup>=0,23), figura 5E y F. Así, una hectárea de pradera por UGM y el porcentaje de SAU dedicada a pradera tienen unos potenciales de mitigación equivalentes a -26,5±2,3 t (r<sup>2</sup>=0,39) y -170±23,6 (r<sup>2</sup>=0,23) kg CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> respectivamente. Los semiintensivos presentaron la menor pendiente para el gasóleo 66±6 kg (r<sup>2</sup>=0,66), el surplus de N (50±4 kg; r<sup>2</sup>=0,73) y la producción de leche por hectárea 0,76±0,07 kg (r<sup>2</sup>=0,65 kg) y las máximas en los intensivos. ▶▶

# GRUPO AGROAMB

SENTIDO DEL RECICLAJE

## VENTAJAS

- ✓ Mejoran la estructura del suelo, drenaje, retención de agua y aireación, proporcionando un mejor ambiente de enraizamiento de las plantas.
- ✓ Poseen cualidades de liberación de nutrientes lenta. El material continúa su descomposición dentro del suelo, reduciendo la cantidad de nitrógeno y fósforo que puede originarse con los fertilizantes químicos.
- ✓ Mejoran la capacidad de trabajo de los suelos, especialmente arcillosos pesados.
- ✓ Mejoran la retención de agua en los suelos ligeros.
- ✓ Mejoran la resistencia a la compactación del suelo y a la erosión.
- ✓ Reducen la necesidad de fertilizantes artificiales.
- ✓ Regulan el pH del suelo, al aportar cal.

## PRODUCTOS FERTILIZANTES

Su contenido en materia orgánica, nitrógeno y fósforo los hacen especialmente atractivos para la elaboración de fertilizante en el sector agroforestal. Entre sus variadas ventajas hay que destacar que mejoran la estructura del suelo, su grado de porosidad y la capacidad de retención de agua debido fundamentalmente al aporte de materia orgánica. Además, le proporciona al suelo nitrógeno, fósforo y potasio de liberación lenta, y, al aportar cal, permite regular el pH del suelo. AGROAMB tiene inscritos los diferentes productos fertilizantes que elabora en el Registro de Productos Fertilizantes del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

### FERTILIZANTES AUTORIZADOS

| CÓDIGO        | TIPO                                                 | NOMBRE COMERCIAL                 |
|---------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| F0001757/2022 | Fertilizante orgánico NPK de origen animal y vegetal | AGROTHAME ORGANITE START         |
| F0001894/2022 | Enmienda orgánica compost                            | AGROTHAME ORGANITE COMPOST       |
| F0001895/2022 | Enmienda orgánica compost                            | AGROTHAME ORGANITE COMPOST START |
| F0001896/2022 | Enmienda orgánica húmica                             | AGROTHAME ORGANITE HUMICO START  |
| F0001897/2022 | Enmienda orgánica húmica                             | AGROTHAME ORGANITE HUMICO        |
| F0001919/2023 | Fertilizante órgano-mineral nitrogenado líquido      | AGROTHAME ORGANITE N-LIQ         |
| F0001925/2023 | Fertilizante órgano-mineral NK líquido               | AGROTHAME ORGANITE PURINE        |
| F0001926/2023 | Fertilizante órgano-mineral NP líquido               | AGROTHAME ORGANITE LIQUID        |
| F0001980/2023 | Enmienda orgánica húmica                             | AGROTHAME ORGANITE HUMICO ZEN    |
| F0002420/2025 | Fertilizante órgano-mineral NPK                      | AGROTHAME ORGANITE AGRO          |
| F0002421/2025 | Fertilizante órgano-mineral NPK                      | AGROTHAME ORGANITE SULFAGRO      |
| F0002422/2025 | Enmienda orgánica húmica                             | AGROTHAME ORGANITE HUMOST        |



### AGROAMB

Ponte de Outeiro, 10 | 27256 Castro de Rei (Lugo)

Teléfono (+34) 982 231 365 | Fax (+34) 982 240 534

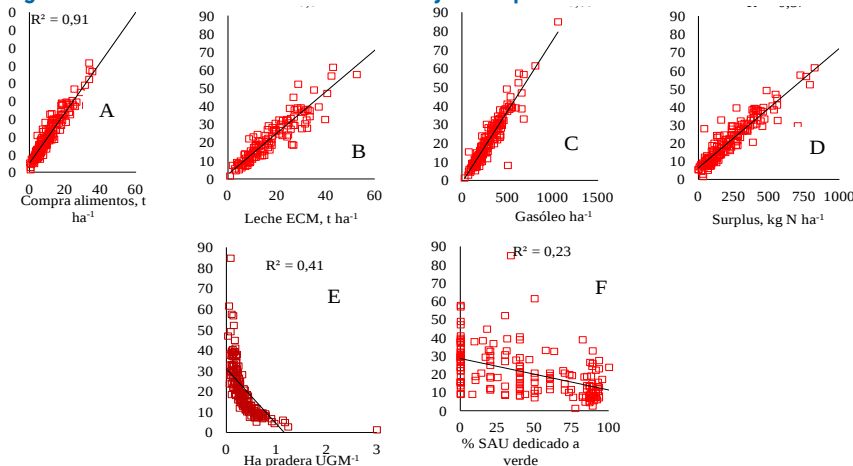
E-mail [agroamb@agroamb.com](mailto:agroamb@agroamb.com) | Web [www.agroamb.com](http://www.agroamb.com)

**Tabla 5. Huella de carbono por hectárea, UGM, litro de leche y kg MS de los alimentos (media  $\pm$  desviación estándar) [cont.]**

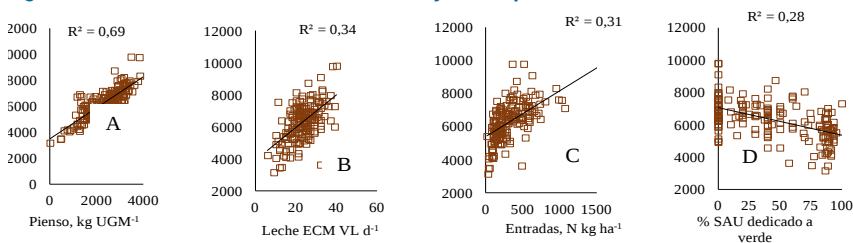
| Grupo de explotaciones (%)                           |                  |                  |                  |
|------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Asignación del CO <sub>2-eq</sub> para leche y carne |                  |                  |                  |
| Asignación por litro de leche, %                     | 66,8 $\pm$ 16,8a | 78,4 $\pm$ 31,5b | 65,8 $\pm$ 24a   |
| CO <sub>2-eq</sub> L <sup>-1</sup> leche             | 1,20 $\pm$ 0,34b | 0,96 $\pm$ 0,32a | 1,32 $\pm$ 0,58b |
| CO <sub>2-eq</sub> kg <sup>-1</sup> peso vivo        | 8,2 $\pm$ 1,9b   | 6,9 $\pm$ 1,7a   | 8,7 $\pm$ 3,5b   |

<sup>A</sup>: emisiones directas, sin considerar el secuestro de carbono (SC) ni las emisiones debidas al uso indirecto del suelo de los alimentos comprados (iLUC) ni las atribuidas a la compra de soja; <sup>B</sup>: emisiones debidas a la compra de soja; medias con diferente letra difieren significativamente  $P < 0,05$

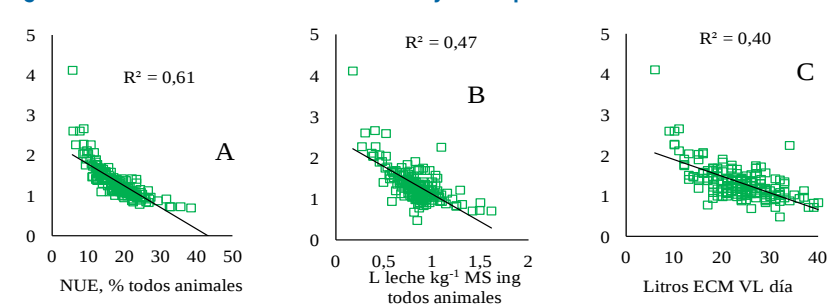
**Figura 5. Variables relacionadas con ED+SC+Soja+iLUC por hectárea**



**Figura 6. Variables relacionadas con ED+SC+Soja+iLUC por UGM**



**Figura 7. Variables relacionadas con ED+SC+Soja+iLUC por litro de leche**



Las variables positivamente relacionadas por UGM fueron el consumo de concentrado por UGM, la producción de leche ECM vaca y día y las entradas totales de N por hectárea y negativamente, el porcentaje de SAU de pradera (figura 6). Las pendientes en cada caso fueron de 1,19 $\pm$ 0,06 kg ( $r^2=0,69$ ); 101,8 $\pm$ 10 kg ( $r^2=0,34$ ); 2,0 $\pm$ 0,33 kg ( $r^2=0,31$ ) y -17,1 $\pm$ 2,0 kg ( $r^2=0,28$ ) kg de CO<sub>2-eq</sub> respectivamente. Los sistemas extensivos presentaron mayores pendientes por UGM en el concentrado de 1,28 $\pm$ 0,09

kg ( $r^2=0,77$ ) y en las entradas de N total por hectárea de 10,4 $\pm$ 1,3 kg ( $r^2=0,55$ ) que las intensivas de 1,1 $\pm$ 0,10 ( $r^2=0,60$ ) y 2,2 $\pm$ 0,4 ( $r^2=0,27$ ) kg respectivamente, similares estas últimas a las semiintensivas. El coeficiente de determinación para el porcentaje de SAU de pradera fue bajo en todos los sistemas.

La NUE<sub>todos</sub>, la EA<sub>todos</sub> y la producción de leche ECM vaca y día presentaron pendientes negativas por litro de leche (figuras 7A, B y C), con valores medios de -0,054 $\pm$ 0,003 kg ( $r^2=0,61$ );

-1,33 $\pm$ 0,10 kg ( $r^2=0,47$ ) y -0,041 $\pm$ 0,004 kg ( $r^2=0,40$ ) respectivamente. Las pendientes de CO<sub>2-eq</sub> por litro de leche ECM fueron superiores en los extensivos, con valores de -1,03 $\pm$ 0,16; -0,94 $\pm$ 0,14 y -1,7 $\pm$ 0,21 kg CO<sub>2-eq</sub> respectivamente.

El CO<sub>2-eq</sub> asignado a un litro de leche en porcentaje de la huella total (HT), los kg de CO<sub>2-eq</sub> por litro de leche y por kg de peso vivo vendido viene señalado en la tabla 5. El porcentaje de asignación estimado para la leche para los sistemas de producción fue superior en los S<sub>e</sub>, sin diferencias en los I<sub>n</sub> y E<sub>x</sub>, con asignaciones medias de 69,7 $\pm$ 24 %, inferior al 85,6 % indicado por defecto por el IDF (2010), al 89,8 % de las explotaciones lecheras de Australia y al 77 % señalado por Kiefer *et al.*, (2014). Así, la huella de carbono el CO<sub>2-eq</sub> de un litro se sitúa en valores medios de 1,17 $\pm$ 0,4 kg, con máximos de 1,32 $\pm$ 0,58 kg en las explotaciones E<sub>x</sub> y mínimos de 0,96 $\pm$ 0,32 kg las *semiintensivas*.

## DISCUSIÓN

La emisión de gases está sujeta en los sistemas lecheros a una gran variabilidad, entre otras, i) la fiabilidad de los datos de entrada, ii) la elección del modelo utilizado para calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> entérico, el secuestro de carbono y el cambio de uso de la tierra y iii) incertidumbre debido a los límites del sistema (Röös y Nylinden, 2013), así como las condiciones medioambientales de las explotaciones y asunciones (Battini *et al.*, 2016).

La fermentación entérica y el manejo del purín representan la causa principal de emisiones en la producción de leche (Battini *et al.*, 2016). Coincidente con Olesen *et al.* (2006), las del CH<sub>4</sub> incrementan linealmente al aumento de la carga ganadera de la explotación, debido a una emisión constante por animal y menos relevante el consumo de pienso por UGM ha<sup>-1</sup> (figura 2 C). El metano entérico por litro de leche corregido por grasa (ECM) para el conjunto de los sistemas productivos fue de 0,55 $\pm$ 0,19 kg CO<sub>2-eq</sub> similar a 0,60 kg señalado por Gollnow *et al.* (2014) y de 0,59 kg (O'Brien *et al.*, 2016). Coincidente con Gerber *et al.* (2011), el aumento de producción láctea contribuye a reducir las emisiones de metano por litro de leche; de esta forma, estrategias que mejoren la dieta del rebaño pueden minimizarlas (Beukes *et al.*, 2010). Junto con la eficiencia alimenticia (EA<sub>todos</sub>), la producción de leche vaca y día y la eficiencia del N (NUE<sub>todos</sub>) [figuras 2 G, H y I]. Reducciones de CO<sub>2-eq</sub> por litro de ►



# Variedades de MAÍZ recomendadas para ENSILAJE en GALICIA

Sciello



Isia



Scoff



Ilustrado



NOVEDAD

Pompeo



Surreal



Conbrío



Suzy



*Expresión vegetal*

[www.rocalba.com](http://www.rocalba.com)

leche fueron observadas por O'Brien *et al.* (2014) al aumentar la eficiencia y la producción lechera en los sistemas basados en hierba.

La suplementación con ensilado de maíz a vacas lecheras contribuye a incrementar la producción lechera y el ácido propiónico a nivel ruminal, actuando este último como sumidero de hidrógeno, reduciendo a su vez la metanogénesis (Bannink *et al.*, 2006).

La sustitución de ensilado de hierba por el de maíz en vacas lecheras fue señalada por Beauchemin *et al.* (2008); Brask *et al.* (2013); Hassanat *et al.* (2013); van Middelaar *et al.* (2013); van Gastelen *et al.* (2015) como opción mitigadora de metano entérico. Por su parte, van Gastelen *et al.* (2015) señalaron descensos del 11 % de CH<sub>4</sub> entérico por kilo de materia seca ingerida, un 8 % en los gramos CH<sub>4</sub> por kilo de leche y 7 % sobre el total de la energía bruta ingerida. La reducción de CH<sub>4</sub> entérico por litro de leche ECM en las explotaciones del presente trabajo que suplementan ensilado de maíz fue del 16,6 % inferior respecto a las que no lo hacen. Este porcentaje incluye tanto el metano de las vacas lecheras como el de los animales no productivos, lo que justificaría la diferencia señalada por van Gastelen *et al.* (2015). La opción del ensilado de maíz es interesante siempre y cuando la huella de carbono no supere a la del ensilado de hierba. Gollnow *et al.* (2014) señalaron para el ensilado de hierba una huella de carbono de 0,22 kg CO<sub>2-eq</sub> por kilo de materia seca y 0,37 kg para el ensilado de maíz, valores ligeramente superiores a los aquí obtenidos de 0,22±0,11 kg CO<sub>2-eq</sub> para el ensilado de maíz e inferiores a 0,26±0,09 kg el ensilado de hierba (Salcedo en prensa).

La producción de alimentos es la segunda fuente de emisiones por litro de leche después del metano, pudiendo constituir el 50 % de la huella de carbono (Kristensen *et al.*, 2011). La fertilización nitrogenada requerida para obtener alimentos representa un elevado potencial de emisiones (Bouwman *et al.*, 2002). La compra de alimentos representó 0,25±0,1 kg CO<sub>2-eq</sub> por litro de leche, similares a 0,24 kg señalado por Battini *et al.* (2016) e inferiores al rango de 0,41 a 0,8 kg CO<sub>2-eq</sub> en el País Vasco (Del Prado *et al.*, 2013). El CO<sub>2-eq</sub> de los alimentos comprados y de producción propia incluido el secuestro de carbono (SC) o sin él (ED) por litro de leche fue 0,43±0,27 y 0,42±0,29 kg respectivamente, con mínimos de 0,37±0,14

y 0,38±0,12 kg en los I<sub>n</sub> y máximos de 0,51±0,4 y 0,57±0,44 los E<sub>x</sub>, similares a 0,47 kg señalados por Henriksson *et al.* (2014) en Suecia sin contabilizar el secuestro de carbono.

El mayor secuestro de carbono por litro de leche se localizó en los S<sub>o</sub> y E<sub>x</sub> con 110 g cada uno, próximos a 77 g en sistemas ingleses a pastoreo señalados por O'Brien *et al.* (2014). O'Brien *et al.* (2015) señala porcentajes del 12 % también en sistemas de pastoreo ingleses, superiores al 7,8 % de los sistemas extensivos de Cantabria. Posiblemente, el mayor aporte de biomasa procedente del pisoteo en pastoreo de una parte y la superior aplicación de fertilizante nitrogenado de otra favorezca aumentos de biomasa radicular; Liang *et al.* (1996) y Conant *et al.* (2001).

Coincidente con Gerber *et al.* (2011) y del Prado *et al.* (2013), las emisiones por hectárea aumentan conforme lo hace la producción de leche y disminuyen por litro de leche (figura 2 B). El 87,9 % de la muestra presentó un rango variable en la huella de carbono (ED+SC+Soja+iLUC) de 0,5 a 1,5 kg CO<sub>2-eq</sub>, con valores medios para el conjunto de explotaciones de 1,34±0,42 kg CO<sub>2-eq</sub>. El 66,3±4,9 % de las emisiones de un litro de leche tuvo su origen en la explotación (*on-farm*), ligeramente inferiores al 74,3±7,05 % señalado en Italia por Bava *et al.* (2015), debido posiblemente al mayor número de vacas en aquellas explotaciones.

La huella de carbono de un litro de leche fue similar a las obtenidas en otros países, (España: Del Prado *et al.*, 2013 de 1,2±0,3 kg CO<sub>2-eq</sub>; Reino Unido: DairyCo, 2012 de 1,22±0,22 kg; USA: Thoma *et al.*, 2013 de 1,23 kg; Australia: Gollnow *et al.*, 2014 de 1,11 kg; Irlanda: O'Brien *et al.*, 2016 de 1,26±0,16 kg; Italia: Bava *et al.*, 2014 1,26±0,17 kg; Battini *et al.*, 2016 de 1,45 kg; Europa: Hietala *et al.*, 2014 de 1,32±0,22 kg). Aquella está influenciada por un amplio rango de variables con moderada correlación como la eficiencia alimenticia (R<sup>2</sup>=0,36, P<0,05), y bajas pero significativas, la producción individual de leche (R<sup>2</sup>=0,17, P<0,05) y (R<sup>2</sup>=0,14, P<0,05) el consumo de concentrado (O'Brien *et al.*, 2014; Gollnow *et al.*, 2014). Otros trabajos (Del Prado *et al.* (2013) observaron relaciones superiores (R<sup>2</sup>=0,56) para la NUE y R<sup>2</sup>=0,54 la eficiencia alimenticia, similares en ambos casos a los del presente trabajo (figuras 7 A y B). La NUE<sub>todos</sub> presentó un moderado coeficiente de determinación, con porcentajes variables de 23,4 % a 29,4 % en las vacas lecheras y de

15,4 % a 21,7 % el conjunto del rebaño (tabla 3), similares al rango de 24 a 29 % para las vacas lecheras en las explotaciones lecheras de Suecia (Swensson, 2003). En general, la NUE de las vacas lecheras en el conjunto de las explotaciones fue del 26,3±5,5 %, considerado por Chase (2007) como medio-alto, reflejando oportunidades de mejora en la formulación de las raciones con un menor porcentaje de proteína bruta.

Si bien las vacas lecheras producen leche, los animales no productivos (vacas secas y novillas) también contribuyen con las emisiones totales de la explotación. En el presente trabajo, aumentos en la eficiencia de un litro de leche, la huella de carbono puede reducirse 1,58 kg CO<sub>2-eq</sub>, con superior coeficiente de determinación (figura 7 A) a 0,52 indicado por Gollnow *et al.* (2014). La eficiencia obtenida en las vacas lecheras de cada grupo (tabla 3) fue similar a la señalada por Kristensen *et al.* (2011), confirmando que el manejo intensivo no necesariamente tiene que incrementar las emisiones por unidad de alimento. Según Battini *et al.* (2016), las explotaciones que cultivan maíz necesitan soja para satisfacer las necesidades proteicas de los animales. El consumo de concentrado vaca y día fue 9,5; 9,7 y 7,1 kg de materia seca para los I<sub>n</sub>, S<sub>o</sub> y E<sub>x</sub>, quienes contienen 0,81; 0,83 y 0,61 kg de soja, equivalentes a 2,41±0,73; 2,47±0,63 y 1,81±0,74 kg CO<sub>2</sub> respectivamente. Las explotaciones extensivas presentaron una huella de carbono por litro de leche superior (tabla 5), imputable en parte a la menor producción de leche vaca y día como representa la figura 7 C.

Según Henriksson *et al.* (2011), la producción de leche y la ingesta de alimento son dos de los parámetros más influyentes en las estimaciones de la huella de carbono, convirtiéndose en un indicador clave para reducir la huella a nivel de granja. Sin embargo, existen incertidumbres en la ingestión de alimento, especialmente en los sistemas extensivos. Según el NRC (2001), la ingestión teórica para una producción real de 20 litros de leche corregida al 4 % en los sistemas extensivos se sitúa en 19,4 kilos de materia seca. El consumo diario de otros alimentos sin considerar el de hierba verde fue 14,9 kg (7,3 kg concentrado; 0,84 kg ensilado maíz, 3,3 kg ensilado de hierba y 3,4 kg de heno) y de 4,3 kg la estimada por el DairyCant. La diferencia de solo 0,2 kg pone de manifiesto el potencial de estimación del modelo en condiciones de clima atlántico.

## CONCLUSIONES

La variabilidad entre explotaciones fue grande, circunstancia que provocó diferencias de emisiones en la producción de un litro de leche y similares a otras zonas productoras de leche. Sin embargo, la huella de carbono está sujeta a los parámetros introducidos en el cálculo del análisis de ciclo de vida. Los sistemas semiintensivos mostraron la menor huella por litro de leche producido, tanto si se considera el secuestro de carbono, el cambio de uso del suelo y las emisiones de la soja como si no. Las variables de campo que mejor explicaron la reducción de la huella de carbono considerando aquellos aspectos fueron la eficiencia de utilización del N, la eficiencia alimenticia y la producción de leche vaca y día. ■

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arauzo, M., Díez J.A., Hernaiz, P. 2003. Estimación de balances hídricos y lixiviación de nitratos mediante Enviroscan. Jornadas de Investigación en la Zona no Saturada ZNS03, Valladolid, J. Álvarez Benedit y P. Marín, Ito. Técnico Agrario Castilla León, Universidad Europea Miguel de Cervantes. Vol. VI ZNS03, pp. 39-44.
- Ausley, E., Brader, M., Chatterton, J., Murphy-Borken, D., Webster, C., Williams, A. (2009). How low can we go? And assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope reduction by 2050. Report for the WWF and Food Climate Research Network.
- Bannink, A., Kogut, J., Dijkstra, J., France, J., Kebreab, E., Van Vuuren, A. M., Tamminga, S. 2006. Estimation of the stoichiometry of volatile fatty acid production in the rumen of lactating cows. *J. Theor. Biol.* 238, 36-51.
- Basarab, J.A., Beauchemin, K.A., Baron, V.S., Omernik, K.H., Guan, L.L., Miller, S.P., Crowley, J.J. 2013. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: effects on economically important traits and enteric methane production. *Animal* 7, 303-315.
- Battini, F., Agostini, A., Tabaglio, V., Amaducci, S. 2016. Environmental impacts of different dairy farming systems in the Po Valley. *J. Clean. Prod.* 112, 91-102.
- Bava, L., Sandrucci, A., Zucali, M., Guerci, M., Tamburini, A. 2014. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? *J. Dairy Sci.* 97, 1-15.
- Beauchemin, K.A., Kreuzer, M., O'Mara, F., McAllister, T.A. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 48, 21-27.
- Bell, M.J., E. Wall, G. Russell, G. Simm, Stott, A.W. 2011. The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. *J. Dairy Sci.* 94, 3662-3678.
- Belyea, R., Marin, P., Sedgwick, H. 1985. Utilization of Chopped and Long Alfalfa by Dairy Heifers. *J. Dairy Sci.* 68, 1297-1301.
- Beukes, P.C., Gregorini, P., Romero, A.J., Levy, G., Waggoner, G.C. 2010. Improving production efficiency as a strategy to mitigate greenhouse gas emissions on pastoral dairy farms in New Zealand. *Agric. Ecosyst. Environ.* 136, 358-365.
- Boadi, D., Wittenberg, K. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF6) tracer gas technique. *Can. J. Anim. Sci.* 82, 201-206.
- Bossuet, I., Chambaut, H., Raison, C., Le Gall, A. 2005. Green Dairy. Environment friendly and sustainable dairy systems in the Atlantic Area. Study of mineral flows on dairy systems in experimental farms. Report of the 2004-2005.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J., Batjes, N.H. 2002. Emissions of N2O and NO from fertilized fields: summary of available measurement data. *Global Biogeochemical Cycles* 16, 1058-1070.
- Brask, M., Lund, P., Hellwing, A., Poulsen, M., Weisbjerg, M. 2013. Enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in dairy cows fed different forages with and without rapeseed fat supplementation. *Anim. Feed Sci. Tech.* 184, 67-79.
- Brentrup, F., Kusters, J., Lamm, J., Kuhlmann, H. 2000. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA Studies in the agricultural sector. *Int. J. LCA*. 5, 349-357.
- Cederberg, C., Sonesson, U., Henriksson, M., Sund, V., Davis, J. 2009. Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005. Gothenburg, Sweden: the Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK). (report No 793).
- Chase, E. 2011. Maintaining milk yield while lowering dietary protein content. *WCDS Advances in Dairy Technology* 23: 153-64.
- Christelle, R., Pflimlin, A., Le Gall, A. 2006. Optimisation of environmental practices in a network of dairy farms of the Atlantic Area. Proceedings of the final seminar of the Green Dairy Project, 43-65.
- Conant, R., Paustian, T.K., Elliott, E.T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *J. Appl. Ecology*. 11, 343-355.
- Coppock, C., Platt, W., Moore, L. 1964. Effect of hay to grain ration on utilization of metabolizable energy for milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 47, 1330-1338.
- DairyCo. 2012. Greenhouse gas emissions on British dairy farms. DairyCo Carbon Footprinting study: Year one. (Agriculture & Horticulture Development Board, Kenilworth, Warwickshire, UK).
- Davies, D. 2008. Silage Insights – Bale Silage Production. Improving silage quality and reducing CO2 emissions. Newsletter Spring. Bale Silage Production section.
- De Vries, M., De Boer, L.J.M. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livest. Sci.* 128, 1-11.
- Del Prado, A., Mas, K., Pardo, G., Gallejones, P. 2013. Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain. *Sci. Total Environ.* 465, 156-165.
- Eco-invent 2007. Eco-invent Data v2.0 Final Reports. Eco-invent 2007. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.
- FAO. (2010). Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: A Life Cycle Assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.
- Fraters, B., Reij, J.W., van Leeuwen, T.C., Boumans, L.J. 2008. Minerals Policy Monitoring Programme Results for 2006 on water quality and fertilisation practices within the framework of the derogation monitoring network. RIVM report 680717005/2008, 72 pp.
- Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Steinfeld, H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livest. Sci.* 139, (1-2) 100-108.
- Gollnow, S., Lundie, S., D. Moore, A., McLaren, J., van Buuren, N., Sihale, P., Christie, K., Thylmann, D., Rehl, T. 2014. Carbon footprint of milk production from dairy cows in Austria. *International Dairy Journal*. 37, 31-38.
- Hassan, F., Gervais, R., Julien, C., Massé, D., Lettat, A., Chouinard, P., Petit, H., Benchaar, C. 2013. Replacing alfalfa silage with corn silage in dairy cow diets: Effects on enteric methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *J. Dairy Sci.* 96, 4553-4567.
- Henriksson, M., Cederberg, C., Swenonsson, C. 2014. Carbon footprint and land requirement for dairy herd rations: impacts of feed production practices and regional climate variations. *Animal* 8 (8), 1239-1338.
- Henriksson, M., Flysjö, A., Cederberg, C., Swenonsson, C. 2011. Variation in carbon footprint of milk due to management differences between Swedish dairy farms. *Animal*. 1-11.
- Holter, J., Slotnick, M., Hayes, H., Bozak, C. 1990. Effect of prepartum dietary energy on condition score, postpartum energy, nitrogen partitions, and lactation production responses. *J. Dairy Sci.* 73, 3501-3511.
- Holter, J., Slotnick, M., Urban, W., Duthe, A. 1992. Energy balance and lactation response in Holstein cows supplemented with cottonseed or without calcium soap. *J. Dairy Sci.* 75, 1480-1494.
- ICANE. 2018. Instituto Cántabro de Estadística.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories.
- ISO. 1997. Environmental management: Life cycle assessment: Principles EN ISO 14040:1997.
- Kaspar, H.F., Tiedje, J.M., 1981. Dissimilatory reduction of nitrate and nitrite in the bovine rumen: Nitrous oxide production and effect of acetylene. *Applied Environmental Microbiology* 41, 705-709.
- Köbrich, C., Rehman, T., Khan, M. 2003. Typification of farming systems for constructing representative farm models: Two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan. *Agric. Syst.* 76, 141-157.
- Kristensen, T., Mogensen, L., Knudsen, M.T., Hermansen, J.E. 2011. Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. *Livest. Sci.* 140, 136-148.
- Liang, B.C., Gregorich, E.G., Mackenzie, A.F. 1996. Modeling the effects of inorganic and organic amendments on organic matter in a Quebec soil. *Soil Sci.* 161 (2), 109-113.
- Moe, P., Tyrrell, H. 1977. Effects of feed intake and physical form on energy value for corn in timothy hay diets for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 60, 752-758.
- Moe, P., Tyrrell, H., Hooven, N. 1973. Energy balance measurements with corn meal and ground oats for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 56, 1149-1153.
- Neenich, T.H., Harrison, J. H., VanWieringen, L. M., St-Pierre, N. R., Kincaid, R. L., Wattiaux, M. A., Davidson, D. L., Block, E. 2006. Prediction and Evaluation of Urine and Urinary Nitrogen and Mineral Excretion from Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89, 353-364.
- Nielsen, P.H., Nielsen, A.M., Weidema, B.P., Dalgaard, R., Halberg, N. 2003. LCA food data base. <http://www.leafood.dk/>
- NRC. 2001. Nutrient Requirements for Dairy Cattle, 7th rev. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, D.C. (EE.UU).
- O'Brien, D., Capper, J.L., Garnsworthy, P. C., Grainger, C., Shalloo, L. 2014. A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. *J. Dairy Sci.* 97, 1835-1851.
- O'Brien, D., Hennessy, T., Moran, B., Shalloo, L. 2015. Relating the carbon footprint of milk from Irish dairy farms to economic performance. *J. Dairy Sci.* 98, 7394-7407.
- O'Brien, D., Geoghegan, A., McNamara, K., Shalloo, L. 2016. How can grass-based dairy farmers reduce the carbon footprint of milk? *Anim. Prod.* 56, 495-500.
- Petersen, B.M., Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Halberg, N. 2013. An approach to include soil carbon changes in the life cycle assessments. *J. Clean Prod.* 52, 217-224.
- Röös, E., Nylander, J. 2013. Uncertainties and Variations in the Carbon Footprint of Livestock Products. Rapport 063 Uppsala, 120 pág.
- Rotz, C., Michael, S., Chianese, D., Montes, F., Hafner, S., Colette, C. 2012. The integrated farm system model. Reference Manual, Version 3.6.
- Rotz, C. 2017. Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *J. Dairy Sci.* 101, 1-16.
- Salcedo, G. 2007. Efectos del tipo de conservante añadido o no, al ensilado de hierba sobre la excreción de fósforo en novillas de reposición y vacas lecheras. Actas de la XLVII R.C. de la SEEP Vitoria, 409-414.
- Salcedo, G. 2015. DairyCant: a model for the reduction of dairy farm greenhouse gas emissions. *Advances in Animal Biosciences*. 6, 26-28.
- Salcedo, G. 2008. Concentración de nutrientes en heces de vacas lecheras y novillas según el tipo de conservante empleado en ensilados de hierba. I. Congreso Español de Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas, 141-147. Barcelona.
- Salcedo, G. 2011. Minimización y aprovechamiento del purín en origen de las explotaciones lecheras de Cantabria. Consejería de Medio Ambiente. Depósito Legal: SA-258-2011, 681 pág.
- Salcedo, G. 2018. Modelo de simulación DairyCant para las explotaciones lecheras de la zona húmeda de España, AFRIGA AÑO XXIII - N° 133.
- Saurer, F., Fellner, F., Kinsman, R., Kramen, J., Jackson, H., Lee, J., Chen, S. 1998. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. *J. Anim. Sci.* 76, 906-914.
- Schils, R., Oudendag, D., van der Hoek, K., de Boer, J., Evers, A., de Haan, M. 2006. Praktijkrapport Rundervee 90, Broeikasgas Module BBPR, Alterra rapport 1268/RIVM report 680.125.006.
- Sjaunja, L.O., Baevre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J., Sejala, J. 1990. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. In: 27th session of the International Commission for Breeding and Productivity of Milk Animals, Paris, France.
- Soussana, J.F., Tallec, V., Blanford, 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal* 4, 334-350.
- SPSS 2006. Statistical Package for the Social Sciences. 2006. Guía breve de SPSS 15.0. SPSS Inc., Chicago.
- Swenson, C. 2003. Analyses of mineral element balances between 1997 and 1999 from dairy farms in the south of Sweden. *Eur. J. Agron.* 20, 63-69.
- Thoma, G., Popp, J., Shonnard, D., Nutter, D., Matlock, M., Ulrich, R., Kellogg, W., Kim, D.S., Neiderman, Z., Kemper, N., Adom, F., East, C. 2013. Regional analysis of greenhouse gas emissions from USA dairy farms: a cradle to farm-gate assessment of the American dairy industry circa 2008. *International Dairy Journal* 31(Suppl. 1), S29-S40.
- Thomassen, M., van Calster, K., Smits, M., Iepema, G., de Boer, I. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agric. Syst.* 96, 95-107.
- Thornton, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate: Geographical Review, v. 38, p. 55-94.
- Toro-Mujica, P., García, A., Gómez-Castro, G., Perea, J., Rodríguez-Estévez, V., and Angón, E. 2012. Organic dairy sheep farms in south-central Spain: Typologies according to livestock management and economic variables. *Small Rumin. Res.* 104, 28-36.
- Tyrell, H., Moe, P. 1972. Net energy value for lactation of a high and low concentrate ration containing corn silage. *J. Dairy Sci.* 55, 1106-1112.
- Tyrell, H., Thomson, D., Waldo, D., Goering, H., Haaland, G. 1992. Utilization of energy and nitrogen by yearling Holstein cattle fed direct-cut alfalfa or orchard grass ensiled with formic acid plus formaldehyde. *J. Anim. Sci.* 70, 3163-3177.
- Underwood, E. 1983. Los minerales en la nutrición del Ganado. Editorial Acribia. Zaragoza.
- Uriarte, E., Aldás, J. 2005. Análisis multivariante aplicado. Paraninfo S.A., Madrid.
- Van Gastelen, S., Antunes-Fernandes, E., Hettling, K., Klop, G., Afferink, J., Hendriks, W., Dijkstra, J. 2015. Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage- or corn silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 98, 1-13.
- Van Middelaar, C.E., Berentsen, P.B.M., Dijkstra, J., De Boer, L.J.M. 2013. Evaluation of a feeding strategy to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming: The role of analysis matters. *Agric. Syst.* 121, 9-22.
- Velthof, G., Oenema, O. 1997. Nitrous oxide emission from dairy farming systems in the Netherlands. *NJAS45*, 347-360.
- Velthof, G.L., Mosquera, J. 2011. Calculations of Nitrous Oxide Emissions from Agriculture in the Netherlands. Update of Emission Factors and Leaching Fraction. Wageningen Alterra. Alterra report 2151.
- Waldo, D., Tyrrell, H., Capuco, A., Revroard, C. 1997. Components of growth in Holstein heifers fed either alfalfa or corn silage diets to produce to dairy farms. *J. Dairy Sci.* 80, 1674-1684.
- Zotarelli, L., N.P. Zattero, R.M. Boddey, S. Urquiga, C.P. Jantalia, J.C. Franchini, and B.J.R. Alves. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Res.* 132, 185-195.