



Fontes de variación nas emisións de gases de efecto invernadoiro (GEI) nos sistemas leiteiros da España húmida

Preséntanse os resultados do traballo de investigación levado a cabo co obxectivo de estimar os GEI que emiten as explotacións cántabras e de buscar relacións cos factores de produción que proporcionen estratexias de mitigación.

G. Salcedo

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

INTRODUCCIÓN

Os sistemas leiteiros de Cantabria, e por extensión á cornixa cántabrica, poden ser clasificados en intensivos (I_n), semiintensivos (S_e) e extensivos (E_x). Os *inputs* son maiores nos primeiros e menor a superficie; a intensificación forraxeira é a base dos segundos e no aproveitamento da herba os extensivos. O proceso de intensificación do sector leiteiro en Cantabria está caracterizado por unha alta carga gandeira, elevada porcenta-

xe de concentrado, a mellora xenética e unha gran produción de leite por hectárea. Con todo, os efectos da intensificación da produción leiteira sobre os impactos ambientais non están do todo clarificados (Bava *et al.*, 2014).

O gando contribúe co quecemento global mediante as emisións de gases de efecto invernadoiro (GEI), como o dióxido de carbono (CO_2), procedente da combustión da enerxía fósil e cambio de uso do solo; o metano (CH_4), consecuencia fisiolóxica da fermentación entérica e do esterco nos ruminantes e do óxido nítrico (N_2O), causado polo manexo do esterco, a fertilización e o solo a través dos procesos de nitrificación e desnitrifica-

ción (De Vries e De Boer, 2010). Pola contra, a produción de leite pode contribuír ao secuestro de carbono no solo coa chegada de restos vexetais e esterco (Soussana *et al.*, 2010).

Os modelos de simulación son utilizados para estimar o alcance dos gases producidos nos procesos de produción do leite. Todos eles inclúen factores de emisión relacionados cos diferentes procesos, poden ser empíricos ou estatísticos, simulando procesos mecánicos ou mediante unha análise de ciclo de vida (Rotz, 2017). O DairyCant (Salcedo, 2015) é un modelo empírico baseado na investigación e na análise estatística que simula aspectos de manexo relacionados coa produción e a saúde medio ambiental das explotacións leiteiras.

Diferentes estratexias son consideradas para reducir as emisións de GEI na produción de leite. Entre outras, a alimentación equilibrada contribúe a

► A PRODUCCIÓN DE LEITE E A INXESTIÓN DE ALIMENTO SON DOUS DOS PARÁMETROS MÁIS INFLUENTES NAS ESTIMACIÓNS DA PEGADA DE CARBONO

reducir o metano entérico (van Middelaar *et al.*, 2013; van Gastelen *et al.*, 2015), incrementar a eficiencia na conversión de alimento a leite (Basarab *et al.*, 2013), aumento da produtividade animal (Bell *et al.*, 2011), mellora na produción de alimentos (Kristensen *et al.*, 2011), reducir a compra de alimentos e fertilizantes (Basarab *et al.*, 2013) e maior utilización do pastoreo (O'Brien *et al.*, 2014), o cal proporciona un maior potencial de secuestro de carbono (Zotarelli *et al.*, 2012).

Os obxectivos do presente traballo foron estimar os GEI a tres niveis (hectárea, unidade de gando maior e litro de leite) e a procura de relacións cos factores de produción que proporcionen estratexias de mitigación.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrición das explotacións

Un total de 174 granxas leiteiras foron enquisadas e analizadas baixo unha perspectiva de análise de ciclo de vida, co modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2015) durante o período 2014-2018. A mostra representou o 13,9 % das 1.247 explotacións leiteiras existentes en Cantabria (ICANE, 2018). As entrevistas in situ incluían cuestións relacionadas con: i) localización, ii) base territorial e distribución forraxeira, iii) fertilización, iv) composición e manexo do rabaño, v) alimentación dos animais, vi) produción e composición química do leite, vii) maquinaria e viii) consumo de enerxía.

As características técnico-productivas das explotacións indícanse na táboa 1. O manexo e a dedicación da forraxe presentaron gran variabilidade entre explotacións. Os cultivos forraxeiros representan o 16,8±21,6 % da superficie agrícola útil (SAU), onde o 15,4±20,7 % corresponde a millo en rotación con *Lolium multiflorum*. A sementeira daquel realízase a primeiros de maio e recóllese cara a media-

dos de setembro, con rendementos variables de 9 a 13 t MS ha⁻¹, conservándose en silos trinchreira. Mentres, o *Lolium multiflorum* utilízase para ensilado nun ou dous aproveitamentos, ou ben dous cortes en verde e un terceiro para ensilado, con rendementos medios de 6,5 t MS ha⁻¹. O 28,7 % das explotacións mostreadas conservan a herba en silos trinchreira e o 71,3 % en microsilos e similar porcentaxe do 76,1 % para o raigrás italiano. A produción de forraxe foi de 7159±2148 kg de materia seca por hectárea (táboa 1). Os alimentos producidos representan o 51,9±14,5 % do total inxerido.

A produción media de leite anual por vaca, hectárea e explotación é de 8,5±2,3; 17,2±10,9 e 582±655 toneladas, respectivamente. O 40,2 % das explotacións ofrecen os alimentos como unha ración total mesturada. A eficiencia alimenticia (kg leite/kg MS inxerida) é de 1,19±0,25 kg para as vacas de leite, reducíndose ata 0,82±0,21 litros ao considerar todos os animais da explotación. Os xatos son vendidos aos 10-15 días de nacer e o 39,6±11,8 % das femias críanse para reposición (táboa 1). ►►



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 Underlay Beige 45µ



SealPlus Film Beige/Black 80µ



SealPlus Film Beige/Black 150µ



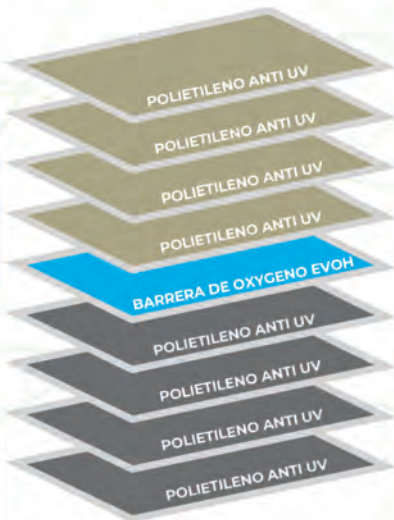
SealPlus Film Wall 75 e 110µ



SealPlus Stretch Gold Bale Wrap 25µ



SealPlus Sack for Silage EVOH Oxygen Barrier





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)

Mobil: +34 609 729711 - Mail: agustipla@hotmail.com




Táboa 1. Características técnico-productivas das explotacións (n=174)

Fontes de variación	Media	CV (%)
Animais		
Vacas de leite	69	89,8
Vacas secas	11	90,9
Xovencas < 1 ano	26	107
Xovencas > 1 ano	26	96,1
Carga gandeira, UGM ha ⁻¹	3,25	52,3
Reposición < e > 1 ano, %	39,6	29,8
Terra		
SAU, ha	36,4	53,8
Pradeira, ha	29,0	57,2
Superficie de pradeira dedicada a herba verde, %	43,4	82,0
Superficie de pradeira dedicada a ensilado hierba, %	56,8	62,5
Superficie millo, ha	6,8	172
SAU, millo %	15,4	134
Cultivos forraxeiros UGM ⁻¹	0,051	129
Raigrás italiano despois do millo, ha	6,8	170,5
Herba para ensilado, kg MS ¹	2596	62,0
Herba para consumo en verde, kg MS ¹	2140	86,5
Millo para ensilado, kg MS ¹	3174	54,7
Raigrás italiano para ensilado, kg MS ¹	2163	51,4
Materia seca final, kg ha ⁻¹	7159	30
Alimentos e fertilizantes		
Compra concentrados, t ha ⁻¹	8,2	73,1
Compra forraxes, t ha ⁻¹	2,9	116,4
Fertilizante, kg N ha ⁻¹	25	200
Fertilizante, kg P ha ⁻¹	15	2137
Fertilizante, kg K ha ⁻¹	9	211
Orgánico, kg N ha ⁻¹	329	72
Orgánico, kg P ha ⁻¹	37	145,9
Orgánico, kg K ha ⁻¹	280	53,9
Fertilizante nitrogenado millo, kg N ha ⁻¹	122	54,1
Producción de leite		
Leite ECM, t explotación	582	97
Leite ECM t ha ⁻¹	17,2	62,7
Leite vaca leiteira ano, t ECM ano ⁻¹	8,5	27,6
Eficiencia utilización do N, % VL	26,3	20,9
Eficiencia utilización do N, % CR	17,9	34,6
Eficiencia, litros leite kg ⁻¹ MS inxerida vaca leiteira	1,19	21
Eficiencia, litros leite kg ⁻¹ MS conxunto rabaño	0,82	25,6

SAU: Superficie Agrícola Útil; 1: proporcional á % de SAU; ECM: leite corrixido por graxa; VL: vacas leiteiras; CR: conxunto rabaño; CV: coeficiente de variación

ra caso, a UF debe ser fácil de definir e medir (ISO, 1997). As UF utilizadas neste traballo foron: i) unha hectárea, ii) unha unidade de gando maior (UGM) e iii) un litro de leite corrixido por enerxía (ECM) á saída da explotación (Sjaunja *et al.*, 1990).

Descrición e compoñentes do DairyCant

O DairyCant é un modelo empírico baseado na investigación e na análise estatística que simula aspectos de manexo relacionados coa produción e a saúde ambiental das explotacións leiteiras. O modelo estima os fluxos de N e C das explotacións leiteiras da España húmida, así como a maior parte das emisións de gases de efecto invernadoiro e diferentes impactos ambientais, entre outros a eutrofización e acidificación potencial, ocupación do territorio e o uso indirecto do solo. Os balances (entradas/saídas) de C, N e P foron modelizados a nivel animal, explotación e solo para os sistemas de produción leiteira extensivos, semiintensivos e intensivos respectivamente.

Porcentaxe de CO_{2-eq} atribuída ao leite e á carne

Ademais do leite, todas as explotacións venden xatos e vacas de desvelle; por tanto, unha determinada porcentaxe das emisións é asignada á produción de leite ou de carne (Cederberg e Stading, 2002). A asignación estimouse polo método do IDF (2010) usando a fórmula $AF = 1 - 5,7717 \times R$, onde AF é o factor de asignación; $R = M \text{ carne} / M \text{ leite}$; $M \text{ carne}$ = suma de peso vivo vendido de todos os animais por hectárea e $M \text{ leite}$ = é a suma do leite vendido por hectárea.

Emisións indirectas atribuídas ao cambio indirecto de uso do solo e pola importación de soia

O factor de emisión de 143 g CO₂ (Audsley *et al.*, 2009) foi asumido para o cambio indirecto de uso do solo (iLUC) e 2,98 kg CO₂ por quilo de soia importada (FAO 2010) citado por Battini *et al.* (2016), excluíndose do cálculo para esta última ás explotacións ecolóxicas.

Secuestro de carbono

O secuestro de carbono no solo estimouse conforme a Petersen *et al.* (2013), considerando as entradas de xurro mais os restos vexetais das colleitas por riba do solo e as raíces por baixo. ►

UNIDADE FUNCIONAL E LÍMITES DO SISTEMA

A metodoloxía de avaliación do ciclo de vida require dunha unidade funcional (UF), que é un atributo do produto ou sistema e se utiliza como un

escalar cuantitativo para fins de comparación, no noso caso sistemas de produción. Pode haber máis dunha UF porque un sistema pode ter unha serie de funcións posibles. En calque-



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

Táboa 2. Componentes principais (CP)

Variables	CP1	CP2	CP3
UGM ha ⁻¹	0,972		
Compra forraxe e concentrado, kg ha ⁻¹	0,954		
Litros leite por hectárea	0,895		
SAU millo, %		0,930	
Superficie de cultivos forraxeiros, ha UGM ⁻¹		0,927	
SAU millo, ha		0,817	
Superficie total da explotación, ha ⁻¹			0,962
Vacas leiteiras totais			0,698
Autovalor	3,19	2,56	1,62
Varianza, %	52,1	26,9	13,8
Varianza acumulada, %	52,1	78,4	92,3

Considerouse un contido en carbono da biomasa vexetal do 45 %, mentres que o do xurro foi estimado para un contido en materia seca do 10,6±2,6 %, relación C/N de 11,9 e un contido en materia orgánica do 74±8,8 % (Salcedo, 2011).

Análise estatística

A tipoloxía de explotacións foi desenvolvida a partir da metodoloxía descrita por Toro-Mújica *et al.* (2012), consistente en tres etapas: revisión e selección das variables, análises de compoñentes principais e análises clúster (Köbrich *et al.*, 2003). Inicialmente obtivéronse 33 indicadores técnicos-productivos utilizados para describir os sistemas de vacún de leite. As variables iniciais constituíron indicadores relacionados coa produción, o tamaño, o uso e tenza da terra. A partir daquelas variables obtéñense 252 saídas do modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2018), agrupándose en i) produción de forraxes; ii) alimentación; iii) produción e calidade do leite; iv) excreción de esterco, N e P; v) balance de nutrientes da explotación; vi) produción de gases de efecto invernadoiro e impactos ambientais e vi) balance de N e P no chan.

Nunha primeira fase seleccionáronse 33 variables, aquelas cun coeficiente de variación superior ao 60 % (táboa 1). Máis tarde analizouse a matriz de correlacións para descartar as variables non correlacionadas e a de menor coeficiente de variación de cada par con dependencia lineal. Neste proceso de selección resultaron 8 variables: i) carga gandeira, UGM ha⁻¹; ii) compra de forraxe e concentrado, kg ha⁻¹; iii) produción de leite por hectárea, litros ha⁻¹; iv) porcentaxe de SAU de millo; v) superficie de cultivos forraxeiros por UGM; vi) SAU de millo, ha; vii) superficie total da explotación, ha e viii) vacas de leite totais.

Nunha segunda fase utilizouse unha análise de compoñentes principais para reducir o número de variables e resumir a maior parte da variabilidade. As 8 variables seleccionadas foron estandarizadas para evitar a influencia polo uso de diferentes escalas (Uriel e Aldas, 2005). Unha vez seleccionados os compoñentes, aplicouse a rotación ortogonal varimax para relacionar máis facilmente as variables iniciais cos compoñentes obtidos (Gelasakis *et al.*, 2012). A proba de esferidade de Barlett e o índice Kaiser-Mayer-Okin (KMO) foron aplicados para verificar a adecuación de compoñentes principais (Gelasakis *et al.*, 2012).

Nunha terceira fase, as explotacións foron clasificadas en grupos utilizando unha análise clúster cos compoñentes seleccionados. Utilizouse unha análise clúster xerárquica baseada nas distancias Euclidiana, Euclidiana ao cadrado e o Manhattan co método de Ward, o cal optimiza a variabilidade dentro dos clústeres (Uriel e Aldas, 2005). As tres agrupacións foron testadas mediante unha análise discriminante e análise de varianza. Finalmente, para caracterizar e comparar os grupos identificados utilizouse ANOVA co test de Tukey co paquete estatístico (SPSS, 2006).

As relacións entre a pegada de carbono do leite e as características individuais das explotacións son medidas usando o coeficiente Pearson, cando os datos son normalmente distribuídos e o de Spearman rho cando non o son. Unha análise de regresión de mínimos cadrados usouse para avaliar as relacións entre a pe-

gada de carbono e as características técnico-productivas das explotacións.

RESULTADOS

Características técnico-productivas das explotacións

A proba de esferidade de Barlett foi significativa ($P < 0,001$) e a proba de KMO de 0,74, indicando a adecuación dos datos á análise de compoñentes principais. Seleccionáronse os tres primeiros compoñentes, cun autovvalor maior que 1 (Uriel e Aldas, 2005), que explicaron o 92,3 % da variabilidade orixinal (táboa 2).

O primeiro compoñente principal explicou o 52,1 % da variabilidade e relacionouse coa produtividade das explotacións. Puntuacións elevadas corresponden a explotacións de maior número de animais, consumo de concentrado e produción de leite. O segundo compoñente principal refírese ao uso da terra, que xustificou o 26,2 % da varianza e indica a relación entre a actividade agrícola e a produción final forraxe. Puntuacións elevadas neste compoñente correspóndense con explotacións de maior orientación agrícola á produción de forraxes respecto da produción de herba. O terceiro compoñente principal describe a dimensión, revelando o 13,8 % da variabilidade e indica a relación existente a superficie total e o número de vacas leiteiras na explotación.

A agrupación óptima foi de 3 clústeres coa distancia Euclidiana, conformados por: grupo I: 70 explotacións (40,2 %); grupo II: 49 explotacións (28,1 %) e grupo III: 55 explotacións (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***.

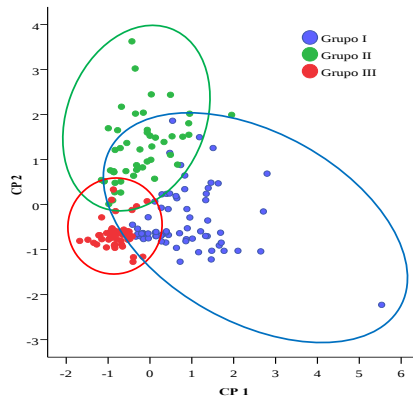
*AMIS Kleffmann 2019.

www.kws.es

**SEMBRANDO
EL FUTURO
DESDE 1856**



Figura 1. Posición das explotacións conforme ás puntuas obtidas para CP1 e CP2



A análise discriminante clasificou de maneira correcta o 85,6 % das explotacións. Na táboa 3 móstranse as diferenzas e similitudes dos grupos identificados.

Con base nesta información descríbese a seguinte tipoloxía:

Grupo I: explotacións intensivas (I_n)
Este grupo concentra o 40,2 % das explotacións. Trátase de granxas con maior número de vacas leiteiras e produción de leite por hectárea (táboa 3). A compra de alimentos representa o 54,5±12,5 %, dos cales, o 72,3±13,1 % son concentrados. A alfalfa e a palla de cereais son a forraxes maioritariamente comparados. O concentrado simboliza o 46,8 % da dieta das vacas leiteiras. O número de UTA (unidades de traballo agrario) e a produción de leite por UTA foron estatisticamente similares entre sistemas leiteiros. ►►

Táboa 3. Comparación de explotacións (media ± desviación estándar)

	Grupo de explotacións (%)		
	I Intensivas (40,2%)	II Semiintensivas (28,1%)	III Extensivas (31,6%)
Rabaño			
Vacas de leite	87±82b	72±46b	44±27a
Vacas secas	13±12b	12±10ab	9±7a
Xovencas < 1 ano	33±38b	27±22b	16±10a
Xovencas > 1 ano	31±31b	28±33b	17±12a
UGM ha ⁻¹	4,6±1,6c	2,9±1,2b	1,7±0,5a
Xovencas substitución, %	38,6±10,6a	40±14a	40±11a
Vacas leite ha ⁻¹	2,8±1,0c	1,7±0,69b	1,02±0,34a
Uso da terra e fertilización			
Superficie, ha	29,4±21,4a	39,3±15,9b	42,7±17,7b
Pradeira, 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
Millo, ha	5,1±11,3b	16,1±12,9c	0,6±2a
Raigrás italiano despois de millo, ha	4,9±11,3b	16±12,7c	0,79±2,4a
Cultivos forraxeiros, % da SAU	11,7±17,3b	40,5±18,4c	2,0±6,5a
Fertilizantes, kg N ha ⁻¹	27,2±49b	44±68b	6±16,2a
Fertilizantes, kg P ha ⁻¹	18±44b	24±23b	5±16a
Fertilizantes, kg K ha ⁻¹	8±17a	16±23b	4,4±15,9a
N orgánico, kg ha ⁻¹	492±237c	334±164b	118±65a
Fertilizante millo, kg N ha ⁻¹	154±71b	106±58a	98±49a
Produción de forraxes e alimentación			
Materia seca, t ha ⁻¹	6,8±1,6b	9,2±2,2c	5,8±0,80a
Alimentos producidos na 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
Pensos comprados, t ha ⁻¹	12,3±6,3c	7,8±4,2b	3,4±2,3a
Forraxes compradas, t ha ⁻¹	4,9±4,3b	1,7±1,6a	1,4±1,4a
Ensilado de millo, % ¹	8±9b	20,6±10,5c	4,4±9,6a
Ensilado de herba e raigrás, % ¹	19,9±9	17,3±10	17,2±10,6
Herba seca, % ¹	16,6±10,4b	9±10a	18±13,4b
Herba verde, % ¹	8,6±12,6a	9±15,6a	22,4±17,4b
Concentrados, % ¹	46,8±10,2b	44,1±9,2b	38±13,7a
Produción de leite			
Leite vaca leiteira ano, t ano ⁻¹	8,7±1,9b	9,7±2,4c	7,3±2,2a
Leite, t ha ⁻¹	24,1±10,2c	17,2±8,9b	7,5±3,5a
Leite explotación, t ano ⁻¹	744±841b	650±566b	315±273a
Eficiencia utilización do N, % VL	26,4±4,5b	29,4±6,4c	23,4±4,1a
Eficiencia utilización do N, % CR	17,1±4,6a	21,7±7,5b	15,4±5,0a
Eficiencia alimenticia, L leite kg ⁻¹ MS inxerida VL	1,18±0,2	1,23±0,26	1,16±0,29
Eficiencia alimenticia, L leite kg ⁻¹ MS inxerida CR	0,83±0,19b	0,88±0,21b	0,73±0,24a
Man de obra			
Total, UTA	4,44±2,9	3,26±1,52	3,15±1,16
T leite UTA ⁻¹	224±57	195±69	202±51
Man de obra asalariada, %	34,9±29,1	25,8±22,8	23,7±17,8
Man de obra familiar, %	65±29,1	74,1±22,8	76,2±17,8

VL: vaca leiteira; CR: conxunto rabaño; UTA: Unidade de Traballo Agrario; ¹: porcentaxe de alimento incluído na dieta das vacas leiteiras; a, b, c, medias con diferente letra dentro da mesma fila difiren 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: explotacións semiintensivas (S_e)

Este grupo reúne o 28,1 % das explotacións e basean a súa produción na intensificación forraxeira, con rendementos medios de $9,2 \pm 2,2$ t MS ha⁻¹. A sementeira de cultivos forraxeiros (principalmente millo e raigrás italiano) representa o $40,5 \pm 18,4$ % da SAU. O 82 % da dieta compónena os ensilados de millo e de herba e concentrado.

Grupo III: explotacións extensivas (E_x)

Estas explotacións representan o 31,6 %, dispoñen de menor carga gandeira e inferior produción de leite por vaca e hectárea (táboa 3), pero similar porcentaxe de alimentos comprados aos semiintensivos (táboa 3). A pradería representa o 97,6 % da SAU, aproveitándose en verde (dente ou presebe) o 71,9 % e a diferenza a 100 como ensilado ou herba seca. A man de obra familiar representa o 76,2 % neste tipo de explotacións.

Emisións de gases de efecto invernadoiro e as súas relacións co manexo

As porcentaxes de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nítrico (N_2O) por hectárea, unidade de gando maior (UGM) e litro de leite ECM no conxunto de explotacións foron do $55,9 \pm 3,8$ %, $28,2 \pm 3,8$ % e $15,8 \pm 2,0$ %, respectivamente.

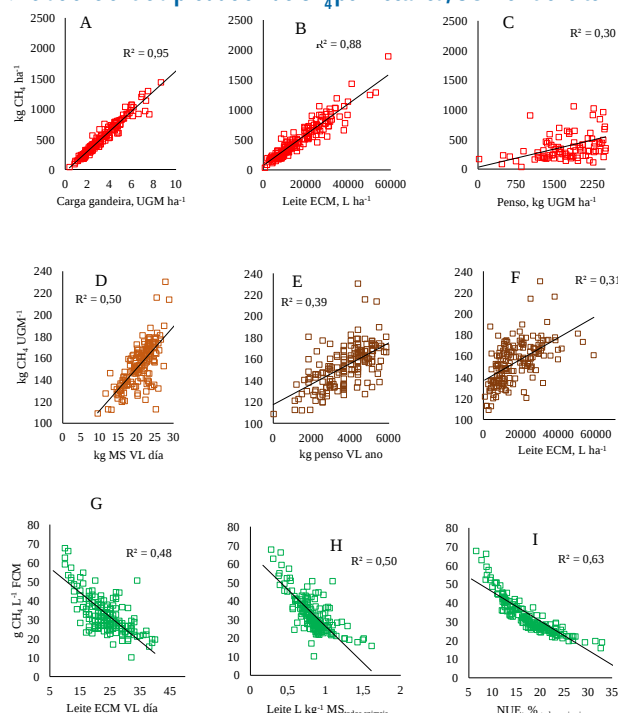
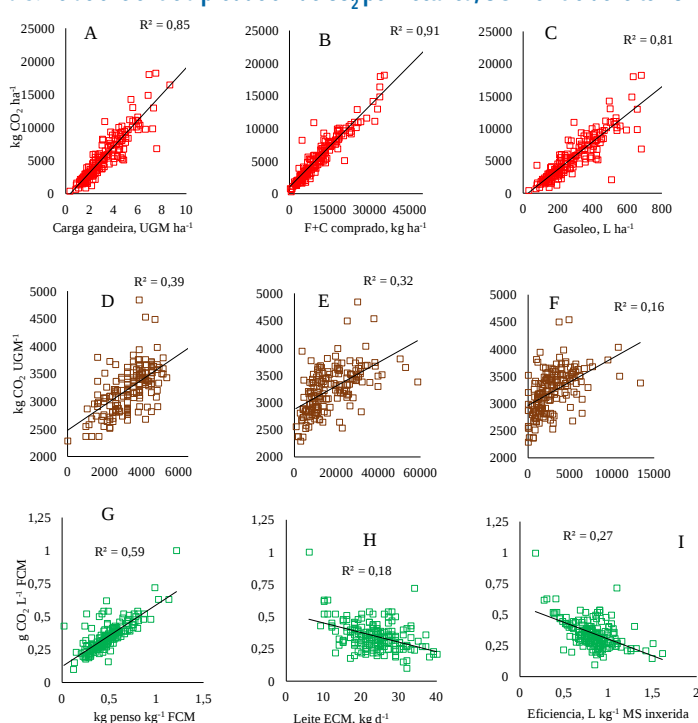
As emisións de CH_4 por hectárea foron superiores nos intensivos ($P < 0,05$), e as menores nos extensivos, sen diferenzas porcentuais entre sistemas de produción respecto das totais (táboa 4). A carga gandeira e a produción de leite relacionáronse positivamente, equivalente a 165 kg CH_4 UGM⁻¹ e $0,026$ kg CH_4 por litro de leite (figura 2A e B) e negativamente, co consumo de concentrado por UGM en $-0,35$ quilos (figura 2C). Mentres, o metano por UGM foi menor ($P < 0,05$) nos extensivos (E_x), sen diferenzas entre os intensivos (I_n) e semiintensivos (S_e) [táboa 4].

En calquera caso, o metano por UGM relacionouse positivamente coa inxestión de materia seca vaca leiteira e día; o consumo de concentrado vaca ano e os litros de leite por hectárea (figura 2D, E e F) con pendentes medias de 3,87; 0,01 e 0,001 kg, respectivamente. O metano por litro de leite foi un 16,4 % inferior nas explotacións S_e ($P < 0,05$) respecto dos I_n e 33,3 % aos E_x (táboa 4). As variables mellor relacionadas foron a produción de leite vaca e día, eficiencia de alimentación en li-

tros de leite por quilo de materia seca ingerida en todos os animais (EA_{todos}) e a eficiencia de utilización do nitróxeno da dieta en todos os animais (NUE_{todos}), obténdose pendentes medias de -1,29; 39,4 e $1,56$ g L⁻¹ leite ECM respectivamente (figuras 2G, H e I).

Táboa 4. Emisións de gases de efecto invernadoiro por hectárea (media $\pm$ desviación estándar)

Grupo de explotacións (%)			
	I Intensivas (40,2 %)	II Semiintensivas (28,1 %)	III Extensivas (31,6 %)
CH₄, kg			
Entérico	575 $\pm$ 221c	381 $\pm$ 164b	198 $\pm$ 70a
Esterco	157 $\pm$ 62c	103 $\pm$ 45b	54 $\pm$ 19a
kg hectárea ⁻¹	732 $\pm$ 282c	484 $\pm$ 209b	252 $\pm$ 89a
kg UGM ⁻¹	157 $\pm$ 16b	163 $\pm$ 19b	142 $\pm$ 18a
g L ⁻¹ ECM	33,1 $\pm$ 8,3b	28,5 $\pm$ 8,5a	38 $\pm$ 16,6b
% sobre total en CO _{2-eq}	55,3 $\pm$ 3,3	55,8 $\pm$ 3,5	56,6 $\pm$ 4,5
CO₂, kg			
Gasóleo	1383 $\pm$ 494c	877 $\pm$ 351b	531 $\pm$ 164a
Electricidade	953 $\pm$ 383c	655 $\pm$ 340b	304 $\pm$ 132a
Fertilizantes nitróxenos	120 $\pm$ 163b	244 $\pm$ 367c	21 $\pm$ 55a
Fertilizantes fosfatados	12 $\pm$ 19b	22 $\pm$ 22c	3 $\pm$ 9a
Forraxes compradas	1312 $\pm$ 1248b	476 $\pm$ 728a	319 $\pm$ 402a
Concentrados comprados	4259 $\pm$ 2276c	2526 $\pm$ 1402b	1199 $\pm$ 766a
Plásticos	3 $\pm$ 2,75b	5 $\pm$ 3c	0,76 $\pm$ 1,4a
Sementes	2,3 $\pm$ 3,5b	8,2 $\pm$ 4,4c	0,32 $\pm$ 0,99a
Actividades agrícolas	229 $\pm$ 116a	378 $\pm$ 136b	193 $\pm$ 108a
Aplicación xurro	102 $\pm$ 45c	70 $\pm$ 31b	32 $\pm$ 15a
Compra xovencas	0,83 $\pm$ 2,2b	1 $\pm$ 2,2b	0,02 $\pm$ 0,13a
kg hectárea ⁻¹	8377 $\pm$ 3842a	5262 $\pm$ 2563b	2605 $\pm$ 1251c
kg UGM ⁻¹	3300 $\pm$ 348b	3422 $\pm$ 409b	2987 $\pm$ 374a
kg L ⁻¹ ECM	0,37 $\pm$ 0,09b	0,30 $\pm$ 0,08a	0,37 $\pm$ 0,1b
% sobre total en CO ₂	29,5 $\pm$ 3,1b	28,1 $\pm$ 3,4b	26,6 $\pm$ 4,3a
N₂O, kg			
Excretado en establo	2,8 $\pm$ 1,3c	1,9 $\pm$ 0,9b	0,69 $\pm$ 0,38a
Aplicación de fertilizantes	0,22 $\pm$ 0,30c	0,44 $\pm$ 0,68b	0,04 $\pm$ 0,10a
Volatilización	0,49 $\pm$ 0,78b	0,57 $\pm$ 0,55b	0,18 $\pm$ 0,35a
Lixiviados	0,71 $\pm$ 0,63b	0,75 $\pm$ 0,35b	0,19 $\pm$ 0,27a
Achegas xurro	1,01 $\pm$ 0,9b	0,67 $\pm$ 0,62b	0,30 $\pm$ 0,21a
Fixación biolóxica	1,11 $\pm$ 1,7b	0,82 $\pm$ 1,0b	0,26 $\pm$ 0,36a
Rume	0,55 $\pm$ 1,2b	0,08 $\pm$ 0,10a	0,14 $\pm$ 0,26a
Gasóleo	1 $\pm$ 1a	0,90 $\pm$ 0,74a	0,70 $\pm$ 0,64a
Compra fertilizantes nitróxenos	0,30 $\pm$ 0,63	0,17 $\pm$ 0,34	0,12 $\pm$ 0,33
Forraxes compradas	1,48 $\pm$ 1,9b	0,34 $\pm$ 0,56a	0,59 $\pm$ 0,58a
Concentrados comprados	2,1 $\pm$ 2,2b	1,3 $\pm$ 1,5a	0,71 $\pm$ 0,65a
Mineralización e restos vexetais	1,64 $\pm$ 1,2b	1,24 $\pm$ 0,76a	1,03 $\pm$ 0,5a
kg hectárea ⁻¹	13,4 $\pm$ 5,3a	9,2 $\pm$ 3,6b	5 $\pm$ 1,7c
kg UGM ⁻¹	2,92 $\pm$ 0,53a	3,15 $\pm$ 0,49b	2,86 $\pm$ 0,57a
g L ⁻¹ ECM	0,61 $\pm$ 0,16a	0,55 $\pm$ 0,18a	0,76 $\pm$ 0,38b
% sobre total en CO _{2-eq}	15,1 $\pm$ 1,6a	15,9 $\pm$ 1,8b	16,7 $\pm$ 2,2c

Figura 2. Relacións entre a produción de CH_4 por hectárea, UGM e litro leite ECM

 Figura 3. Relacións entre a produción de CO_2 por hectárea, UGM e litro de leite ECM


O dióxido de carbono (CO_2) representou o $28,3 \pm 3,8$ % do total de emisións por hectárea, con máximos del $29,5 \pm 3,1$ % nas In e mínimos de $26,6 \pm 4,3$ % as Ex (táboa 4). Porcentualmente, estas últimas explotacións emiten un 69 %, 9,5 % e 9,8 % menos por hectárea, UGM e por litro de leite ECM respecto das intensivas. A enerxía, a compra de alimentos e as actividades agrícolas contribuíron co

98 %, 94 % e 99 % do total de CO_2 por hectárea para as explotacións In, Se Ex, respectivamente. O fertilizante nitróxeno representou a maior porcentaxe de CO_2 da compra de fertilizantes (táboa 4) e entre sistemas, a maior proporción localizouse nos S_e ($P < 0,05$), atribuído á maior superficie de millo (táboa 3). A compra de concentrado constituíu o 51 %, 48 % e o 46 % do total do CO_2 por hectárea

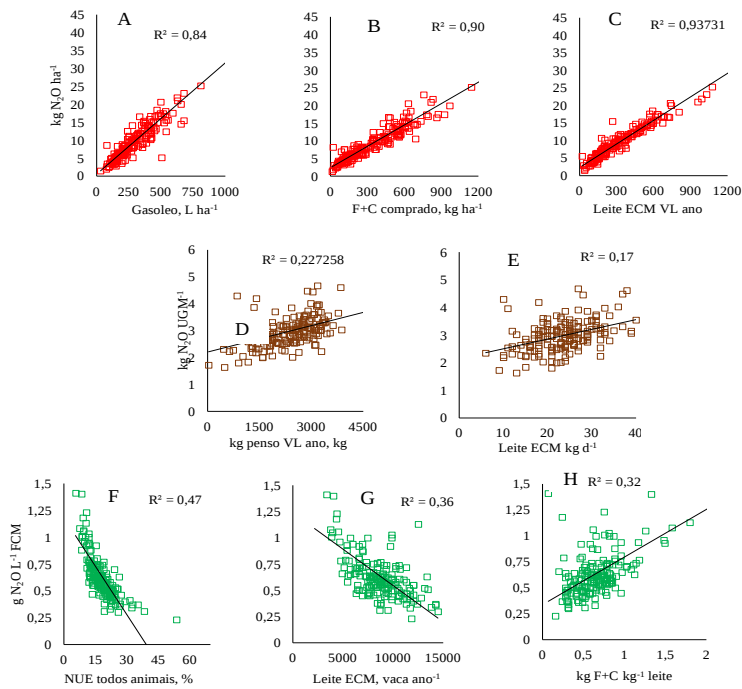
para as granxas I_n , S_e e E_x , respectivamente.

A carga gandeira, a compra de forraje e concentrado e o gasóleo relacionáronse positivamente coas emisións de CO_2 por hectárea (figuras 3A, B e C), con pendentes medias de $1984 \text{ kg CO}_2 \text{ UGM ha}^{-1}$, $0,41 \text{ kg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$ alimento comprado e $21,3 \text{ kg CO}_2 \text{ L}^{-1}$ gasóleo. De igual modo, os quilos de $\text{CO}_2 \text{ UGM}^{-1}$ relacionáronse positivamente cos quilos de concentrado vaca leiteira ($R^2=0,39$); a produción de leite por hectárea ($R^2=0,32$) e o CO_2 debido á compra de soia ($R^2=0,16$) [figuras 3D, E e F] con pendentes medias de 0,23; 0,02 e 0,09 kg CO_2 respectivamente. Mentres e por litro de leite, os quilos de penso por litro de leite ECM relacionáronse positivamente e negativamente coa produción de leite vaca e día e a eficiencia alimentación (EA todos), obténdose pendentes medias de +0,47; -0,001 e -0,27 $\text{kg CO}_2 \text{ L}^{-1} \text{ ECM}$, respectivamente (figuras 3G, H e I).

As emisións de N_2O foron diferentes entre sistemas de produción, con valores medios de $9,59 \pm 5,3 \text{ kg N}_2\text{O}$ por hectárea (táboa 4). As intensivas reflectiron porcentaxes superiores por hectárea do 31 % ás S_e e 62,6 % as E_x ($P < 0,05$), sen diferenzas significativas por UGM respecto das E_x , pero superior por litro de leite as E_x ($P < 0,05$), sen diferenzas respecto das S_e (táboa 4).

O 83,1 % do total de N_2O emitido por hectárea en In, 77,9 % en S_e e o 85,6 % en E_x procede das excretas no establo, achegas de xurro, fixación biolóxica, compra de gasóleo e alimentos, mineralización e restos vexetais. A compra de gasóleo (L ha^{-1}), a achega de N ao solo (xurro e fertilizante, kg ha^{-1}) e o total de N entrado na explotación (alimentos, fertilizantes, venda de animais, deposición atmosférica e a fixación biolóxica, kg ha^{-1}) manifestaron boa correlación (figuras 4A, B e C). Reducir un litro de gasóleo, un quilo de N (xurro e fertilizante) achegado ao solo e un quilo de N entrado na explotación poden descender as emisións de N_2O en 0,02; 0,02 e 0,022 kg por hectárea respectivamente. O consumo de concentrado por UGM e a produción de leite vaca e día foron relacionáronse positivamente coas emisións de N_2O por UGM (figura 4D e E), pero con baixo coeficiente de determinación. Mentres, a eficiencia de utilización do nitróxeno da dieta no total ►►

Figura 4. Relacións entre a produción de N₂O por hectárea, UGM e litro de leite ECM



Táboa 5. Pegada de carbono por hectárea, UGM, litro de leite e kg MS dos alimentos (media ± desviación estándar)

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

dos animais da explotación (NUE_{todos}) e a produción de leite por vaca e ano relacionáronse negativamente, con pendentes medias de -0,03 e -0,0001 g N₂O por unidade porcentual e litro de leite, respectivamente. Os quilos de forraxe e concentrado comprados por litro de leite se relacionaron positivamente, cunha pendente de 0,46 g N₂O por quilo (figura 4F, G e H).

Pegada de carbono e a súa relación co manexo (CO₂-eq)

A suma das emisións directas (ED), as atribuídas ao secuestro de carbono (SC), a compra de soia e do uso indirecto do solo (ED+SC+Soia+iLUC) por hectárea foi superior a ED un 9,7 %; 8,9 % e 7,9 % hectárea; 8,8 %; 8,5 % e 7,3 % por UGM e 9,6 %; 7,4 % e 5,7 % por litro de leite ECM para os I_n, S_e e E_x respectivamente (táboa 5). A pegada de carbono por hectárea (ED+SC+Soia+iLUC) difire entre sistemas de produción (táboa 5); mentres, por UGM e litro de leite ECM a menor rexistrouse nos E_x (P<0,05). O maior secuestro de carbono por hectárea localizouse nos I_n (P<0,05); por UGM nos S_e (P<0,05), sen diferenzas significativas por litro de leite entre sistemas de produción (táboa 5).

As variables positivamente e mellor relacionadas coas emisións totais por hectárea para ED+SC+Soia+iLUC no conxunto de exploracións foron a compra de alimentos, a produción de leite, o gasóleo e o surplus de N (figuras 5A, B, C e D), equivalentes a 1,41±0,03 kg CO₂-eq kg⁻¹ (r²=0,91); 1,06±0,03 kg L⁻¹ (r²=0,87); 75,9±2,01 kg L⁻¹ (r²=0,89) e 66±1,9 kg kg⁻¹ (r²=0,87) respectivamente. Mentres, as negativas e por hectárea foron a superficie de pradeira por UGM, equivalentes a 27,8±2,4 t CO₂-eq (r²=0,41) e a porcentaxe de SAU dedicada ao consumo de herba fresca de -172±24 kg CO₂-eq (r²=0,23), figuras 5E e F. Así, unha hectárea de pradeira por UGM e a porcentaxe de SAU dedicada a pradería teñen uns potenciais de mitigación equivalentes a -26,5±2,3 t (r²=0,39) e -170±23,6 (r²=0,23) kg CO₂-eq respectivamente. Os semiintensivos presentaron a menor pendente para o gasóleo 66±6 kg (r²=0,66), o surplus de N (50±4 kg; r²=0,73) e a produción de leite por hectárea 0,76±0,07 kg (r²=0,65 kg) e as máximas nos intensivos. ►

GRUPO AGROAMB

SENTIDO DA RECICLAXE

VANTAXES

- ✓ Melloran a estrutura do solo, drenaxe, retención de auga e aireación, proporcionando un mellor ambiente de enraizamento das plantas.
- ✓ Posúen calidades de liberación de nutrientes lenta. O material continúa a súa descomposición dentro do solo, reducindo a cantidade de nitróxeno e fosfato que pode orixinarse cos fertilizantes químicos.
- ✓ Melloran a capacidade de traballo dos chans, especialmente arxilosos pesados.
- ✓ Melloran a retención de auga nos solos lixeiros.
- ✓ Melloran a resistencia á compactación do solo e á erosión.
- ✓ Reducen a necesidade de fertilizantes artificiais.
- ✓ Regulan o pH do solo, ao achegar cal.

PRODUTOS FERTILIZANTES

O seu contido en materia orgánica, nitróxeno e fósforo fanos especialmente atractivos para a elaboración de fertilizante no sector agroforestal. Entre as súas variadas vantaxes hai que destacar que melloran a estrutura do solo, o seu grao de porosidade e a capacidade de retención de auga debido fundamentalmente á chegada de materia orgánica. Ademais, proporcionalle ao solo nitróxeno, fósforo e potasio de liberación lenta, e, ao achegar cal, permite regular o pH do solo. AGROAMB ten inscritos os diferentes produtos fertilizantes que elabora no Rexistro de Produtos Fertilizantes do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.

FERTILIZANTES AUTORIZADOS

CÓDIGO	TIPO	NOME COMERCIAL
F0001757/2022	Fertilizante orgánico NPK de orixe animal e vexetal	AGROTHAME ORGANITE START
F0001894/2022	Emenda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST
F0001895/2022	Emenda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST START
F0001896/2022	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO START
F0001897/2022	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO
F0001919/2023	Fertilizante órgano-mineral nitróxeno 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	Emenda 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	Emenda 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 | Web www.agroamb.com

Táboa 5. Pegada de carbono por hectárea, UGM, litro de leite e kg MS dos alimentos (media $\pm$ desviación estándar) [cont.]

Grupo de explotacións (%)			
Asignación do CO _{2-eq} para leite e carne			
Asignación por litro de leite, %	66,8 $\pm$ 16,8a	78,4 $\pm$ 31,5b	65,8 $\pm$ 24a
CO _{2-eq} L ⁻¹ leite	1,20 $\pm$ 0,34b	0,96 $\pm$ 0,32a	1,32 $\pm$ 0,58b
CO _{2-eq} kg ⁻¹ peso vivo	8,2 $\pm$ 1,9b	6,9 $\pm$ 1,7a	8,7 $\pm$ 3,5b

a:emisións directas, sen considerar o secuestro de carbono (SC) nin as emisións debidas ao uso indirecto de solo dos alimentos comprados (iLUC) nin as atribuídas á compra de soia; b:emisións debidas á compra de soia; medias con diferente letra difiren significativamente P<0,05

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

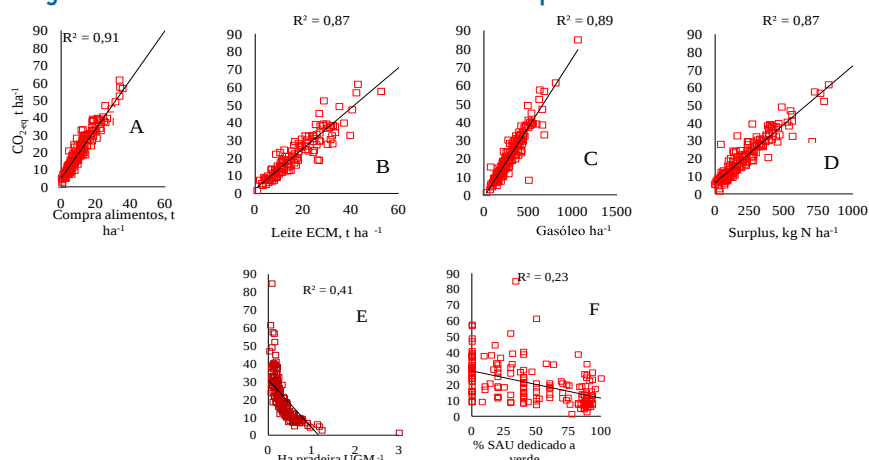


Figura 6. Variables relacionadas con ED+SC+Soia+iLUC por UGM

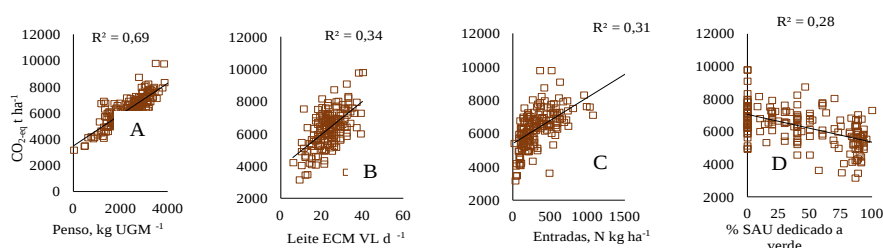
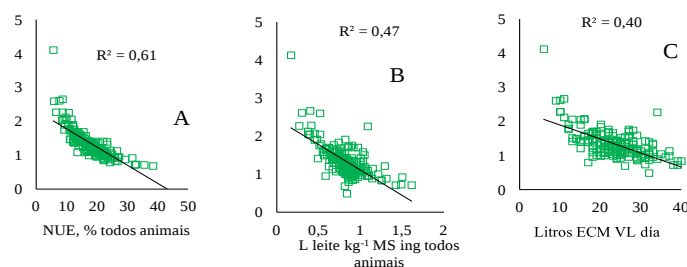


Figura 7. Variables relacionadas con ED+SC+Soia+iLUC por litro de leite



As variables positivamente relacionadas por UGM foron o consumo de concentrado por UGM, a produción de leite ECM vaca e día e as entradas totais de N por hectárea e negativamente, a porcentaxe de SAU de pradeira (figura 6). As pendentes en cada caso foron de 1,19 $\pm$ 0,06 kg (r²=0,69); 101,8 $\pm$ 10 kg (r²=0,34); 2,0 $\pm$ 0,33 kg (r²=0,31) e -17,1 $\pm$ 2,0 kg (r²=0,28) kg de CO_{2-eq} respectivamente. Os sistemas extensivos presentaron maiores pendentes por UGM en el concentrado de 1,28 $\pm$ 0,09

kg (r²=0,77) e nas entradas de N total por hectárea de 10,4 $\pm$ 1,3 kg (r²=0,55) que as intensivas de 1,1 $\pm$ 0,10 (r²=0,60) e 2,2 $\pm$ 0,4 (r²=0,27) kg respectivamente, similares estas últimas ás semiintensivas. O coeficiente de determinación para a porcentaxe de SAU de pradeira foi baixa en todos os sistemas.

A NUE_{todos}, a EA_{todos} e a produción de leite ECM vaca e día presentaron pendentes negativas por litro de leite (figuras 7A, B e C), con valores medios de -0,054 $\pm$ 0,003 kg (r²=0,61); -1,33 $\pm$ 0,10

kg (r²=0,47) e -0,041 $\pm$ 0,004 kg (r²=0,40) respectivamente. As pendentes de CO_{2-eq} por litro de leite ECM foron superiores nos extensivos, con valores de -1,03 $\pm$ 0,16; -0,94 $\pm$ 0,14 e -1,7 $\pm$ 0,21 kg CO_{2-eq} respectivamente.

O CO_{2-eq} asignado a un litro de leite en porcentaxe da pegada total (HT), o kg de CO_{2-eq} por litro de leite e por kg de peso vivo vendido vén sinalado na táboa 5. A porcentaxe de asignación estimada para o leite para os sistemas de produción foi superior nos Se, sen diferenzas nos I_n e E_x, con asignacións medias de 69,7 $\pm$ 24 %, inferior ao 85,6 % indicado por defecto polo IDF (2010), ao 89,8 % das explotacións leiteiras de Australia e ao 77 % sinalado por Kiefer *et al.* (2014). Así, a pegada de carbono o CO_{2-eq} dun litro sitúase en valores medios de 1,17 $\pm$ 0,4 kg, con máximos de 1,32 $\pm$ 0,58 kg nas explotacións Ex e mínimos de 0,96 $\pm$ 0,32 kg as semiintensivas.

DISCUSIÓN

A emisión de gases está suxeita nos sistemas leiteiros a unha gran variabilidade, entre outras, i) a fiabilidade dos datos de entrada, ii) a elección do modelo utilizado para calcular as emisións de N₂O, CH₄ entérico, o secuestro de carbono e o cambio de uso da terra e iii) incerteza debido aos límites do sistema (Röös e Nylin-den 2013), así como as condicións ambientais das explotacións e asuncións (Battini *et al.*, 2016).

A fermentación entérica e o manexo do xurro representan a causa principal de emisións na produción de leite (Battini *et al.*, 2016). Coincidente con Olesen *et al.* (2006), as do CH₄ incrementan linealmente ao aumento da carga gandeira da explotación, debido a unha emisión constante por animal e menos relevante o consumo de penso por UGM ha⁻¹ (figura 2 C). O metano entérico por litro de leite corrixido por graxa (ECM) para o conxunto dos sistemas produtivos foi de 0,55 $\pm$ 0,19 kg CO_{2-eq}, similar a 0,60 kg sinalado por Gollnow *et al.* (2014) e de 0,59 kg (O'Brien *et al.*, 2016). Coincidente con Gerber *et al.* (2011), o aumento de produción láctea contribúe a reducir as emisións de metano por litro de leite; desta forma, estratexias que melloren a dieta do rabaño poden minimizalas (Beukes *et al.*, 2010). Xunto coa eficiencia alimenticia (EA_{todos}), a produción de leite vaca e día e a eficiencia do N (NUE_{todos}) [figuras 2 G, H e I]. Reducións de CO_{2-eq} por litro de leite foron observadas por O'Brien *et al.* ▶



Variedades de MILLO recomendadas para ENSILAJE en GALICIA

Sciello



Isia



Scoff



Ilustrado



NOVEDAD

Pompeo



Surreal



Conbrío



Suzy



Expresión vegetal

www.rocalba.com

(2014) ao aumentar a eficiencia e a produción lechera nos sistemas baseados en herba.

A suplementación con ensilado de millo a vacas leiteiras contribúe a incrementar a produción leiteira e o ácido propiónico a nivel ruminal, actuando este último como sumidoiro de hidróxeno, reducindo á súa vez a metanoxénese (Bannink *et al.*, 2006).

A substitución de ensilado de herba polo de millo en vacas leiteiras foi sinalada 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. Pola súa banda, van Gastelen *et al.* (2015) sinalaron descenso do 11 % de CH₄ entérico por quilo de materia seca ingerida, un 8 % nos gramos CH₄ por quilo de leite e 7 % sobre o total da enerxía bruta ingerida. A redución de CH₄ entérico por litro de leite ECM nas explotacións do presente traballo que suplementan ensilado de millo foi do 16,6 % inferior respecto das que non o fan. Esta porcentaxe inclúe tanto o metano das vacas leiteiras como o dos animais non produtivos, o que xustificaría a diferenza sinalada por van Gastelen *et al.* (2015). A opción do ensilado de millo é interesante sempre e cando a pegada de carbono non supere á do ensilado de herba. Gollnow *et al.* (2014) sinalaron para o ensilado de herba unha pegada de carbono de 0,22 kg CO_{2-eq} por quilo de materia seca e 0,37 kg para o ensilado de millo, valores lixeiramente superiores aos aquí obtidos de 0,22±0,11 kg CO_{2-eq} para o ensilado de millo e inferiores a 0,26±0,09 kg o ensilado de herba (Salcedo en prensa).

A produción de alimentos é a segunda fonte de emisións por litro de leite despois do metano, podendo constituír o 50 % da pegada de carbono (Kristensen *et al.*, 2011). A fertilización nitróxena requirida para obter alimentos representa un elevado potencial de emisións (Bouwman *et al.*, 2002). A compra de alimentos representou 0,25±0,1 kg CO_{2-eq} por litro de leite, similares a 0,24 kg sinalado por Battini *et al.* (2016) e inferiores a Irango de 0,41 a 0,8 kg CO_{2-eq} no País Vasco (Del Prado *et al.*, 2013). O CO_{2-eq} dos alimentos comprados e de produción propia incluído o secuestro de carbono (SC) ou sen el (ED) por litro de leite foi 0,43±0,27 e 0,42±0,29 kg respectivamente, con mínimos de 0,37±0,14 e 0,38±0,12 kg nos In e máximos de

0,51±0,4 e 0,57±0,44 os Ex, similares a 0,47 kg sinalados por Henriksson *et al.* (2014) en Suecia sen contabilizar o secuestro de carbono.

O maior secuestro de carbono por litro de leite localizouse nos S_e e E_x con 110 g cada un, próximos a 77 g en sistemas ingleses a pastoreo sinalados por O'Brien *et al.* (2014). O'Brien *et al.* (2015) sinala porcentaxes do 12 % tamén en sistemas de pastoreo ingleses, superiores ao 7,8 % dos sistemas extensivos de Cantabria. Posiblemente, a maior achega de biomasa procedente do piso en pastoreo dunha parte e a superior aplicación de fertilizante nitróxeno doutra favoreza aumentos de biomasa radicular, Liang *et al.* (1996) e Conant *et al.* (2001).

Coincidente con Gerber *et al.* (2011) e Del Prado *et al.* (2013), as emisións por hectárea aumentan conforme o fai a produción de leite e diminúen por litro de leite (figura 2 B). O 87,9 % da mostra presentou un rango variable na pegada de carbono (ED+SC+Soia+iLUC) de 0,5 a 1,5 kg CO_{2-eq}, con valores medios para o conxunto de explotacións de 1,34±0,42 kg CO_{2-eq}. O 66,3±4,9 % das emisións dun litro de leite tuvo a súa orixe na explotación (on-farm), lixeiramente inferiores ao 74,3±7,05 % sinalado en Italia por Bava *et al.* (2015), debido posiblemente ao maior número de vacas naquelas explotacións.

A pegada de carbono dun litro de leite foi semillar ás obtidas noutros países (España: Del Prado *et al.*, 2013 de 1,2±0,3 kg CO_{2-eq}; 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). Aquela está influenciada por un amplo rango de variables con moderada correlación como a eficiencia alimenticia (R²=0,36, P<0,05), e baixas pero significativas, a produción individual de leite (R²=0,17, P<0,05) e (R²=0,14, P<0,05) o consumo de concentrado (O'Brien *et al.*, 2014; Gollnow *et al.*, 2014). Outros traballos [(Del Prado *et al.* (2013)] observaron relacións superiores (R²=0,56) para a NUE e R²=0,54 a eficiencia alimenticia, similares en ambos os casos aos do presente traballo (figuras 7 A e B). A NUE_{todos} presentou un moderado coeficiente de determinación, con porcentaxes variables de 23,4 % a 29,4 % nas vacas leiteiras e de 15,4 % a 21,7 % o conxunto do rabaño (táboa 3), similares ao rango de 24 a 29 % para as

vacas leiteiras nas explotacións leiteiras de Suecia (Swensson, 2003). En xeral, a NUE das vacas leiteiras no conxunto das explotacións foi do 26,3±5,5 %, considerado por Chase (2007) como medio-alto, reflectindo oportunidades de mellora na formulación das racións cunha menor porcentaxe de proteína bruta.

Aínda que as vacas leiteiras producen leite, os animais non produtivos (vacas secas e xovencas) tamén contribúen coas emisións totais da explotación. No presente traballo, aumentos na eficiencia dun litro de leite, a pegada de carbono pode reducirse 1,58 kg CO_{2-eq}, con superior coeficiente de determinación (figura 7 A) a 0,52 indicado por Gollnow *et al.* (2014). A eficiencia obtida nas vacas leiteiras de cada grupo (táboa 3) foi similar á sinalada por Kristensen *et al.* (2011), confirmando que o manexo intensivo non necesariamente ten que incrementar as emisións por unidade de alimento. Segundo Battini *et al.* (2016), as explotacións que cultivan millo necesitan soia para satisfacer as necesidades proteicas dos animais. O consumo de concentrado vaca e día foi 9,5; 9,7 e 7,1 kg de materia seca para os I_n, S_e e E_x, que conteñen 0,81; 0,83 e 0,61 kg de soia, equivalentes a 2,41±0,73; 2,47±0,63 e 1,81±0,74 kg CO₂, respectivamente. As explotacións extensivas presentaron unha pegada de carbono por litro de leite superior (táboa 5), imputable en parte á menor produción de leite vaca e día como representa a figura 7 C.

Segundo Henriksson *et al.* (2011), a produción de leite e a inxestión de alimento son dous dos parámetros máis influentes nas estimacións da pegada de carbono, converténdose nunha indicador clave para reducir a pegada a nivel de granxa. Con todo, existen incertezas na inxestión de alimento, especialmente nos sistemas extensivos. Segundo o NRC (2001), a inxestión teórica para unha produción real de 20 litros de leite corrixido ao 4 % nos sistemas extensivos sitúase en 19,4 kilos de materia seca. O consumo diario doutros alimentos sen considerar o de herba verde foi 14,9 kg (7,3 kg concentrado; 0,84 kg ensilado de millo, 3,3 kg ensilado de herba e 3,4 kg de herba seca) e de 4,3 kg a estimada polo DairyCant. A diferenza de só 0,2 kg pon de manifesto o potencial de estimación do modelo en condicións de clima atlántico.

CONCLUSIÓNS

A variabilidade entre explotacións foi grande, circunstancia que provocou diferenzas de emisións na produción dun litro de leite e similares a outras zonas produtoras de leite. Con todo, a pegada de carbono está suxeita aos parámetros introducidos no cálculo da análise de ciclo de vida. Os sistemas semiintensivos mostraron a menor pegada por litro de leite producido, tanto se se considera o secuestro de carbono, o cambio de uso do solo e as emisións da soia coma se non. As variables de campo que mellor explicaron a redución da pegada de carbono considerando aqueles aspectos foron a eficiencia de utilización do N, a eficiencia alimenticia e a produción de leite vaca e 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 Benedi y P. Marinero, 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., Lammell, J., Kuhlmann, H. 2000. Methods to assess 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., Thyman, 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., Benchaer, 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., Swenonson, 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., Swenonson, 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.
- Nennich, T.H., Harrison, J. H., VanWieringen, L. M., St-Pierre, N. R., Kincaid, R. L., Wattie, 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 - Nº 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.
- Tyrrell, 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.
- Tyrrell, 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.
- Uribe, 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 level of analysis matters. *Agric. Syst.* 121, 9-22.
- Velthof, G., Oenema, O. 1997. Nitrous oxide emission from dairy farming systems in the Netherlands. *NJAS* 45, 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.