



Emisións na produción de forraxes das explotacións leiteiras

Neste artigo amósase o traballo de investigación levado a cabo con base en sesenta explotacións de vacún leiteiro de Cantabria, cuxo obxectivo foi estimar as emisións na produción de forraxes (pradeira, pradeira millo e pradeira-millo-forraxeiros de inverno), considerando o uso indirecto da terra e o potencial secuestro de carbono procedente da achega dos restos vexetais e do xurro.

G. Salcedo

Dpto. Calidad e Innovación. CIFP La Granja, Cantabria
gregoriosal57@gmail.com

RESUMO

Sesenta explotacións de vacún leiteiro de Cantabria foron clasificadas en tres modelos forraxeiros: i) Pradeira (P); ii) Pradeira-Millo (PMz) e iii) Pradeira-Millo-Cultivos Forraxeiros de Inverno (PMzCFI), para estimar os gases de efecto invernadoiro das forraxes. Os cultivos forraxeiros foron her-

ba de pradeira en presebe (HPP); ensilado de herba (EHM) e raigrás italiano (ERM) en microsilos; ensilados de herba (EHT) e millo (EMz) en trinchera. As emisións de P, PMz e PMzCFI foron 1519, 1851 e 2382 kg CO_{2eq} ha⁻¹, respectivamente; delas, o 20,1 % proceden das operacións de cultivo; 9,2 % dos consumibles

e 70,6 % do chan. As emisións das forraxes dentro da superficie que ocupan nunha hectárea foron 515 kg CO_{2eq} para HPP, 886 kg CO_{2eq} para EHM, 774 kg CO_{2eq} para EHT, 747 kg CO_{2eq} para EMz e 678 kg CO_{2eq} para HPP. Os restos vexetais achegaron 2866 kg MS ha⁻¹ e 3769 kg o xurro, equivalente a 4580 kg C cun potencial de secuestro de carbono de 458 kg. En xeral, a pegada de carbono de cada modelo forraxeiro sen secuestro de carbono foi 0,219; 0,257 e 0,271 kg CO_{2eq} kg⁻¹ MS en P, PMz e PMzCFI, respectivamente, e entre forraxes de 0,189; 0,266; 0,232; 0,223 e 0,395 kg CO_{2eq} kg⁻¹ MS para HPP, EHM, EHT, EMz e ERM respectivamente. Estes últimos reducíronse ata 0,0075; 0,069; 0,036; 0,025; 0,17 kg CO_{2eq} kg⁻¹ MS para HPP, EHM, EHT, EMz e ERM respectivamente, ao considerar o secuestro de carbono. O manexo do nitróxeno foi a variable



► A PEGADA DE CARBONO DOS ALIMENTOS DO GANDO NON TEN UN VALOR FIXO E DEPENDE, ENTRE OUTROS, DO SEU POTENCIAL PRODUTIVO E DO SEU MANEXO

mellor relacionada incluíndo ou non o secuestro de carbono. Conclúese sinalando que as emisións por hectárea aumentan coa intensificación, pero diminúen por quilogramo de materia seca producido.

Substituír o uso de microsilos (EHM e ERM) polos de trincheira en herba (EHT) pode ser unha opción de mitigación, con emisións similares ao EMz. O cálculo da pegada de carbono debe considerar como sumidoiro os restos vexetais e o xurro, os cales poden contribuír compensando o 80 % do total de carbono emitido na produción dun quilogramo de materia seca.

Os obxectivos do presente traballo foron os de estimar as emisións na produción de forraxes das explotacións leiteiras de Cantabria e a súa pegada de carbono, considerando o uso indirecto da terra e o potencial secuestro de carbono dos restos vexetais e do xurro.

INTRODUCCIÓN

A produción gandeira e a alimentación animal constitúen o 80 % das emisións totais da agricultura (An-

deweg e Reisinger, 2013). A enerxía fósil (CO_2), o uso do solo, o óxido nítrico (N_2O) da produción de alimentos (Smith *et al.*, 2008), xunto co metano (CH_4) dos ruminantes son os axentes causantes de gases de efecto invernadoiro maioritarios. Mentres, as actividades agrícolas se consideraron máis recentemente que as gandeiras (Hillier *et al.*, 2009; Mahmuti *et al.*, 2009; Gan *et al.*, 2011). A pegada de carbono defínese coma a cantidade de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ emitido por unidade de alimento producido, mentres a sustentabilidade do sistema depende en parte da súa pegada e da produción de biomasa (Dubey e Lal, 2009).

A maioría dos estudos non inclúen o secuestro de carbono no cálculo da pegada nas forraxes, debido a limitacións metodolóxicas (Brandão *et al.*, 2013) e si noutros (Petersen *et al.*, 2013; Mogensen *et al.*, 2014) mediante modelos de simulación. No entanto, a agricultura compórtase como un sumidoiro potencial de carbono e pode absorber ata o 89 % do carbono emitido (Smith *et al.*, 2008). ►



GRELOS Y NABOS CULTIVO ALTERNATIVO A EXTENSIVOS

Descubre nuestra gama de semillas en:
www.semillaswam.com



Selección de variedades gramíneas y leguminosas, adaptadas al clima y a los suelos de las zonas húmedas de la Península Ibérica



Mezclas de praderas disponibles en envases de 10 y 20 kg
Semilla de nabos en envases de 5 y 25 kg

WAMESTRADA S. L. L.
Zona industrial de Toedo
36680 A Estrada
Pontevedra, España
Telf. (0034) 986 572 445
info@semillaswam.com
www.semillaswam.com

Táboa 1. Características técnico-productivas das explotacións

	Conxunto ± sd	P	PMz	PMzCFI
Número de explotacións	60	26	7	27
Superficie				
Total, ha	30±17	26 ^{ab}	22 ^a	36 ^b
Prados, %	82,6±19	100 ^c	80 ^b	67 ^a
Millo, %	30±15	0	20	33
CFI(1), %	31±19	0	0	31
Animais				
UGM ha ⁻¹	3,17±1,53	3,00	3,40	3,26
Vacas leiteiras ha ⁻¹	1,91±0,91	1,74	2,40	1,94
Fertilización				
N orgánico e mineral, kg ha ⁻¹	308±222	206 ^a	396 ^b	384 ^b
N orgánico, kg ha ⁻¹	279±216	190	353	345
N mineral, kg ha ⁻¹	29±46	16	42	39
NUE, %	62,8±14,3	58	62	67
P orgánico e mineral, kg ha ⁻¹	48±24	45	46	51
P orgánico, kg ha ⁻¹	32±14	38 ^b	29 ^{ab}	27 ^a
P mineral, kg ha ⁻¹	16±21	7 ^a	17 ^{ab}	25 ^b
Producción de forraxes⁽²⁾				
Materia seca, kg MS ha ⁻¹	8934±1887	8601 ^a	8720 ^a	10930 ^b
Herba en presebe, kg MS	3581±1677	4367 ^a	3145 ^{ab}	2644 ^b
Ensilado herba, kg MS	3500±1732	4234 ^b	3313 ^{ab}	2755 ^a
Millo, kg MS	3386±1811	-	2262	3677

P: Prado; PMz: Prado-Millo; PMzCFI: Prado-Millo-Cultivos de Inverno; NUE: eficiencia utilización do N solo; (1): Cultivos forraxeiros de inverno; (2): Materia seca correspondente á porcentaxe de superficie de cada cultivo e simulada co DairyCant (1.0); sd: desviación estándar; a, b e c dentro da mesma fila difiren P < 0,05

▶ AS EMISIÓNS POR HECTÁREA AUMENTAN COA INTENSIFICACIÓN, PERO DIMINÚEN POR QUILOGRAMO DE MATERIA SECA PRODUCIDO

Os prados actúan como sumidoiros de carbono (Vleeshouwers e Verhagen, 2002) e os solos agrícolas como emisores, dependendo do balance de C do chan. Con todo, Lal (2001) sinalou para solos agrícolas secuestros de 0,5 t C ha⁻¹ a 1 t C ha⁻¹ con só mellorar a súa xestión. No entanto, o IPCC (2006) apunta que o tipo e manexo do cultivo pode modificar a cantidade de carbono secuestrado polo solo. Outros como Mahmuti *et al.* (2009) demostraron que unha parte significativa das emisións de gases de efecto invernadoiro poden reducirse con prácticas agrarias que aumenten o rendemento e o almacenamento de carbono no solo (Gan *et al.*, 2011).

O carbono acumulado no solo é unha función da achega de fertilizantes orgánicos e restos de colleita, menos o lixiviado disolto e ligado a partículas do chan, erosión, descomposición micro-

DLF
INTERNATIONAL SEEDS
SEEDS & SCIENCE



“Las mezclas que combinan semillas pratenses, leguminosas y cereales forrajeros en función de las necesidades del agricultor”

SIEGA^{Max}

LA COMBINACIÓN PERFECTA DE LA ELECCIÓN DE LOS MEJORES RAÍGRÁS A NIVEL MUNDIAL

HIBRID^{Max}

LA CALIDAD Y LA PRODUCCIÓN ESTÁN ASEGURADAS

SIEGA^{Max}-pro

LA COMBINACIÓN IDEAL DE RAÍGRÁS CON TRÉBOLES ANUALES DE ACTITUD FORRAGERA

SIEGA^{Max}-pro alternativa

LA CALIDAD HECHA FÓRMULA

TREBOL^{Max}

LA MEZCLA DE TRÉBOL POR EXCELENCIA

TRITI^{Max}

LA MÁXIMA PRODUCCIÓN SIN DESCUIDAR LA CALIDAD NUTRITIVA

PASTO^{Max}

LA PRADERA DE LARGA DURACIÓN PARA SIEGA Y PASTOREO

Fertimón

► A FERTILIZACIÓN NITROXENADA, XUNTO CO CONSUMIDO POLA PLANTA E A EFICIENCIA DE CONVERSIÓN, SON ESTRATEXIAS DE MITIGACIÓN NA PRODUCCIÓN FORRAXEIRA

biana e a mineralización, que o conver-
ten en CO₂ (Kindler *et al.*, 2011). A pega-
da de carbono dos alimentos do gando
non ten un valor fixo e depende, entre
outros, do seu potencial produtivo e
manexo (Middelhaar *et al.*, 2013) e pode
representar o fertilizante nitroxenado o
75 % da pegada nalgúns casos (Hillier
et al., 2009). Con todo, a fertilización
nitroxenada, xunto co consumido pola
planta e a eficiencia de conversión, son
estrategias de mitigación na produción
forraxeira (Snyder *et al.*, 2009).

MATERIAL E MÉTODOS

Explotacións

Sesenta explotacións de vacún leitei-
ro de Cantabria foron enquisadas nos
anos 2017 e 2018 (30 cada ano) e cla-
sificadas segundo o modelo de produ-
ción forraxeira en : i) Prado (P, 43,3 %

Táboa 1. Características técnico-productivas das explotacións (cont.)

	Conxunto± sd	P	PMz	PMzCFI
CFI, kg MS	1854±886	-	-	1854
Compra de alimentos				
Concentrados, kg vaca leiteira ano ⁻¹	3316±1091	3068 ^{ab}	2735 ^a	3706 ^b
Concentrado, kg ha ano ⁻¹	7532±5324	6142	8318	8667
Forraxe, kg ha ano ⁻¹	2730±3205	1697 ^a	4754 ^b	3213 ^{ab}
Produción de leite				
Kg leite vaca leiteira ano ⁻¹	8235±2098	7180 ^a	8020 ^{ab}	9306 ^b
Kg leite ha ⁻¹	16335±10358	13061 ^a	19795 ^b	18592 ^b

P: Prado; PMz: Prado-Millo; PMzCFI: Prado-Millo-Cultivos de Inverno; OC: operacións de cultivo; CON: consumibles; SU: solo e residuos vexetais; HPP: herba de prado en presebe; EHM: ensilado de herba en microsilos; EHT: ensilado de herba en trincheira; EMz: ensilado de millo; ERM: ensilado de raigrás en microsilos; sd: desviación estándar; a e b dentro da mesma fila difiren $P < 0,05$

das explotacións); ii) Prado-Millo (PMz,
11,7%) e iii) Prado-Millo-Cultivos Fo-
rraxeiros de Inverno (PMzCFI, 45 %).
As entrevistas in situ incluían cues-
tións relacionadas con: i) localización,
ii) base territorial, porcentaxe de su-
perficie por cultivo forraxeiro, iii) ferti-
lización, iv) composición e manexo do
rabaño, v) alimentación dos animais,
vi) produción e composición química
do leite, vii) maquinaria, viii) consu-
mo de enerxía. As forraxes analizadas
foron herba de pradeira en presebe
(HPP), ensilados de herba (EHM) e rai-
grás italiano en microsilos (ERM), en-

silados de herba en trincheira (EHT) e
ensilado de millo (EMz). A porcentaxe
de superficie de cada forraxe dentro
dunha hectárea da superficie agrícola
útil (SAU) e as súas producións veñen
sinaladas na táboa 1.

Valoración das emisións e da pega- da de carbono

A figura 1 representa os límites do
sistema para o cálculo das emisións e
pegada de carbono, tomándose como
unidade funcional “1 kg de materia
seca” expresado en kg CO_{2eq}. Ambas,
emisións e pegada, son valoradas a ►►

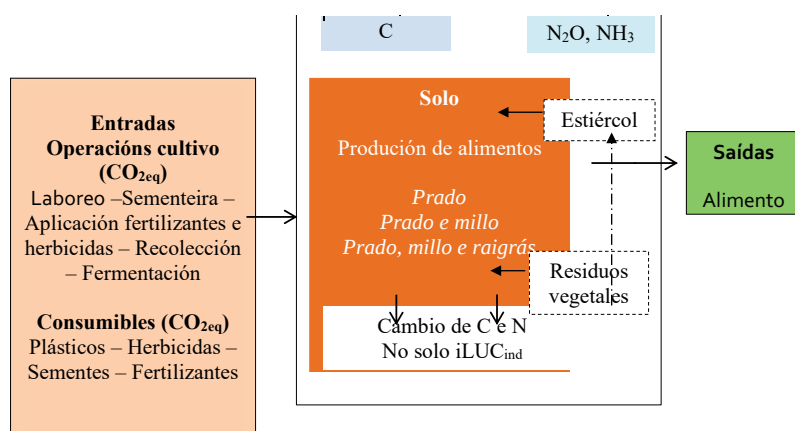
SEMILLAS GRAOS

Cultivos alternativos GRAOS, semilla certificada de CEREALES y LEGUMINOSAS

CEREALES; TRITICALE, AVENA, CEBADA,
CENTENO. LEGUMINOSAS (ANUALES-
PLURIANUALES); VEZA, TITARRO,
GUISANTE, ALFALFA, ESPARCETA...

Consulte a nuestro departamento técnico sobre las
diferentes mezclas que se pueden aplicar en función de
las necesidades de cada suelo.



Figura 1. Entradas e saídas de $\text{CO}_2\text{-eq}$ na produción de forraxes

Táboa 2. Porcentaxe de xurro de cada forraxe e destino

	P	PMz		PMzCFI		
	Prado	Prado	Millo	Prado	Millo	Cultivos forraxeiros inverno
Herba verde (%)	50	25	-	16,5	-	16,5
Ensilado (%)	50	25	50	16,5	34	16,5

P: Prado; PMz: Prado-Millo; PMzCFI: Prado-Millo-Cultivos de Inverno

partir de: i) a superficie de cada cultivo forraxeiro que ocupan nunha hectárea e ii) por hectárea, como a suma do total de emisións de cada cultivo. Os gases de efecto invernadoiro de cada forraxe foron analizados seguindo unha análise de ciclo de vida a partir das entradas e saídas na explotación, estimándose en cada caso: i) sen o secuestro de carbono (SC) nin o cambio de uso da terra indirecto (iLUC_{ind}) definido como (MS_{orixe}); ii) considerando o SC ($\text{MS}_{\text{orixe}} - \text{SC}$) e iii) o iLUC_{ind} ($\text{MS}_{\text{orixe}} - \text{SC} + \text{iLUC}$) co modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2015). Os *inputs* das "operacións de cultivo (OC)", os "consumibles (CON)", do "solo (SU)" foron calculados.

A achega de xurro asumida polo DairyCant vén sinalada na táboa 2. A biomasa "por arriba" e "por abaixo". A primeira inclúe o restrollo (diferenza entre a biomasa recollida e o material recollido a nivel do solo) e as perdas mecánicas (forraxe recollida e caída ao chan), principalmente no millo e, a segunda, as raíces. A biomasa "por abaixo" da pradería e do raigrás procede de traballos previos obtidos a partir do peso das raíces contidas en $0,015 \text{ m}^3$ de terra. As do millo estimáronse mediante a extracción mecánica de 5 m lineais a 25 cm de profundidade e cortadas á altura das raíces adventicias ou de ancoraxe. As raíces foron lavadas e secadas en estufa para expresalas en

quilogramos de materia seca por hectárea.

Posteriormente, a biomasa radicular dos cultivos forraxeiros relacionouse coa produción total de materia seca recollida por hectárea e ano para a herba e o raigrás, mentres que as do millo se expresaron en porcentaxe da materia seca recollida. Os restos vexetais e o xurro son as fontes de carbono consideradas e incorporadas ao solo. O primeiro foi estimado como $\text{kg MS de biomasa} \times 45 \% \text{ C}$, sendo 45 a porcentaxe de C contida na materia seca incorporada (IPCC, 2006) e o segundo: $\text{kg N do xurro ha}^{-1} \times \text{porcentaxe de xurro aplicado a cada cultivo (táboa 2)} \times 11,9$. Asíse para o xurro un contido en materia seca de $106 \pm 26 \text{ g kg}^{-1}$ e unha relación C/N de 11,9 (Salcedo, 2011). Considerouse que o 10 % do C achegado pode ser secuestrado nun horizonte a 100 anos (Petersen *et al.*, 2013). O factor de $1,43 \text{ t de CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ (Audsley *et al.*, 2009) foi asumido para o iLUC_{ind} .

CÁLCULO DE EMISIÓNS E FACTORES DE EMISIÓN

Operacións de cultivo

Asúmesse un labor profundo e outro superficial para o millo e dous superficiais para os cultivos forraxeiros de inverno (CFI). A fertilización nitrogenada de síntese foi de 120 kg ha^{-1} e 62 kg ha^{-1} en millo e CFI respectivamente. O millo seméntase con sementadora pneumática

e os CFI a chorro. A herba para ensilado ségase con segadora rotativa e motosegadora para a subministración en presebe. A herba e os CFI son transportados cun autocargador cando a forraxe fermenta en silos trinchreira. Mentres, a do millo é contratada a empresas de servizos, executándose con segadora-picadora autopropulsada e conservándose en silos trinchreira con dobre capa de plástico. O CO_2 da fermentación dos ensilados fíxose en $0,24 \text{ kg kg}^{-1}$ de materia seca perdida (Davies, 2008), asumíndose unhas perdas de $12,3 \text{ kg}$ por 100 kg de MS ensilada nos microsilos (Salcedo *et al.*, 2009), o 7 % en os de herba e millo respectivamente en silos trinchreira.

► OS RESULTADOS PUXERON DE MANIFESTO QUE UN QUILOGRAMO DE N DE XURRO APLICADO AO CHAN PODE AUMENTAR A EUTROFIZACIÓN E ACIDIFICACIÓN EN 2,2 KG NO_{3EQ} E 0,58 KG SO_{2EQ} RESPECTIVAMENTE

Solo

As emisións directas son as asociadas coa repartición de xurro, fertilizantes e restos vexetais (IPCC, 2006). O xurro aplicado por unidade de superficie foi estimado a partir da excreción de N en feces e ouriños por unidade gando maio (UGM) (Salcedo, 2006), multiplicada pola carga gandeira e pola porcentaxe de xurro asignado a cada cultivo (táboa 2). As emisións de N-NH₃ da repartición de xurro foron de 0,19 kg kg⁻¹ N aplicado e 0,025 kg kg⁻¹ o N sintético (de Vries *et al.*, 2011). As emisións dos residuos vexetais (biomasa senescente, restrollo e raíces) foron o resultado de multiplicar a biomasa de cada caso polo seu factor de emisión (táboa 2). Á deposición de N atmosférico foille asignado un valor fixo de 10 kg ha⁻¹ (Brentrup *et al.*, 2000); mentres, o N fixado polas leguminosas estimouse segundo Raison *et al.* (2006) a partir da porcentaxe de trevo presente na pradería.

As emisións indirectas teñen en conta a volatilización e a lixiviación despois de aplicar N orgánico e inorgánico ao chan. O DairyCant estima o N-NO₃ lixiviado coma unha función do N total aplicado por hectárea e do volume de auga drenada, este último estimado a partir da ETP_{corrixida} (Thorntwaite, 1948) menos as precipitacións.

CÁLCULOS

• Balance N da explotación

$$\text{Entradas, kg Nha}^{-1} = \sum (N_{\text{orgánico}} + N_{\text{inorgánico}} + N_{\text{atmosférico}} + N_{\text{fixación simbiótica}} + N_{\text{alimentos}})$$

$$\text{Saídas, kg Nha}^{-1} = \sum (N_{\text{leite}} + N_{\text{carne}})$$

$$\text{Balance N, kg Nha}^{-1} = \text{Entradas} - \text{Saídas}$$

$$\text{Eficiencia utilización do N da explotación (NUE}_{\text{explotación}}\text{), \%} = (100 \times \text{Saídas}) / \text{Entradas}$$

• Balance N no chan

$$\text{Entradas, kg Nha}^{-1} = \sum (N_{\text{orgánico}} + N_{\text{inorgánico}} + N_{\text{atmosférico}} + N_{\text{fixación simbiótica}} + N_{\text{reciclado}} + N_{\text{de orixe mecánica}})$$

$$\text{Saídas, kg Nha}^{-1} = \sum (\text{Extraccións} + \text{N-NH}_3 + \text{N-NO} + \text{N-N}_2 + \text{N-N}_2\text{O} + \text{NO}_3)$$

$$\text{Balance N, kg Nha}^{-1} = \text{Entradas} - \text{Saídas}$$

$$\text{NUE}_{\text{solo}, \%} = [100 \times (\text{Extraccións} - \text{Residuos vexetais})] / (\text{Entradas} - \text{Balance})$$

• Producción de forraxe

$$\text{MS, kg Nha}^{-1} = (\text{MS}_{\text{Prado}} \times \% \text{ Superficie}_{\text{Prado}}) + (\text{MS}_{\text{CFI}} \times \% \text{ Superficie}_{\text{CFI}}) + (\text{MS}_{\text{Mz}} \times \% \text{ Superficie}_{\text{Mz}})$$

onde MS_{Prado}, MS_{CFI} e MS_{Mz} ou quilogramos de materia seca de herba (verde ou conservada), cultivos forraxeiros de inverno e millo producidos dentro da porcentaxe que ocupa cada un deles nunha hectárea.

Análise estatística

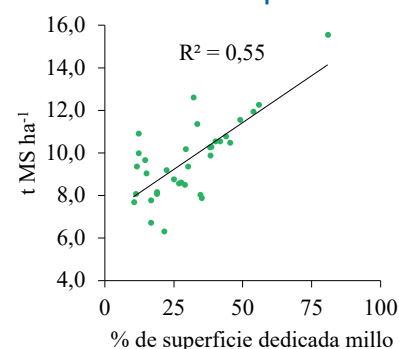
Os resultados das enquisas foron procesados mediante análises de varianza utilizando o procedemento GLM do programa SPSS (2006), considerando como efectos principais o modelo forraxeiro (P, PMz e PMzCFI) e as forraxes (HPP, EHM, EHT, EMz e ERM). Para as variables en que o efecto principal resultou estatisticamente significativo, utilizouse a proba de Duncan para a comparación de medias. O grao de correlación entre variables foi analizado mediante o PROC REG do SPSS (2006).

RESULTADOS E DISCUSIÓN

Características xerais das explotacións

As características técnico-productivas dos modelos forraxeiros veñen reflectidas na táboa 1. A superficie total resultou maior en PMzCFI (P < 0,05), sen diferenzas na carga gandeira e as vacas leiteiras por hectárea. A produción de leite variou de os 13.061 kg ha⁻¹ en Pradeira (P) a máximos de 19.795 kg en Pradeira-Millo (PMz). A compra de concentrados por hectárea non difire entre modelos forraxeiros, pero si (P < 0,05) a de forraxes, maior en PMz (P < 0,05). A produción de forraxe por hectárea foi superior en PMzCFI (P < 0,05), intimamente relacionada coa porcentaxe de superficie de millo (figura 2), aumentando 81 kg MS ha⁻¹ ao incrementar unha unidade porcentual a superficie de millo. ►►

Figura 2. Relación porcentaxe de millo cultivado e a biomasa total por hectárea



Consumibles

Este grupo fórmano a compra de fertilizantes, fitosanitarios, sementes, plásticos etc. O herbicida é aplicado no millo. As doses de sementeira consideradas foron 40 kg ha⁻¹ en CFI e 30 kg ha⁻¹ en millo. As características dos microsilos son de 700 kg de peso; 1,22 m de diámetro; catro capas de plástico (47 m²), que xunto coa corda equivale a 1,37 kg de plástico e un contido do 25 % de materia seca. O plástico dos silos trinchera foi asumido de 0,3 kg t⁻¹ de materia seca ensilada (Savoie e Jofriet, 2003).

Táboa 3. Emisións de cada modelo e tipo de forraxe

Kg CO _{2eq} ha ⁻¹					
	P	PMz	PMzCFI	Medias	sd
	1519 ^a	1851 ^{ab}	2382 ^b	1946	842
% CO _{2eq} ha ⁻¹					
OC	17,7 ^b	18,7 ^{ab}	22,8 ^a	20,1	5,8
CON	7,5	11,9	10,2	9,2	7,5
SU	74,7 ^a	69,3 ^{ab}	66,9 ^a	70,6	8,3
Kg CO _{2eq} forraxe dentro da porcentaxe de superficie que ocupa nunha hectárea					
	HPP	EHM	EHT	EMz	ERM
	515 ^a	886 ^b	774 ^b	747 ^b	678 ^{ab}
					sd
					498

P: Prado; PMz: Prado-Millo; PMzCFI: Prado-Millo-Cultivos de Inverno; OC: operacións de cultivo; CON: consumibles; SU: solo e residuos vexetais; HPP: herba de prado en prebebe; EHM: ensilado de herba en microsilos; EHT: ensilado de herba en trinchera; EMz: ensilado de millo; ERM: ensilado de raigrás en microsilos; sd: desviación estándar; a e b dentro da mesma fila difiren $P < 0,05$

▶ OS MICROSILOS DE HERBA E RAIGRÁS PRESENTARON AS MAIORES EMISIÓN POR KG DE MATERIA SECA, E AS MENORES EMISIÓN PRESENTÁRONAS A HERBA DE PRADERA EN PRESEBE E O ENSILADO DE MILLO

Figura 3. Relación entre emisións de CO_{2eq} e a superficie dedicada a cada forraxe

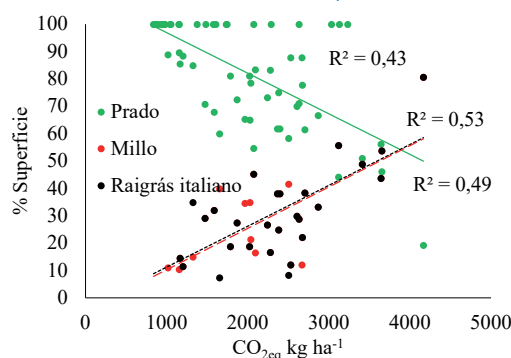
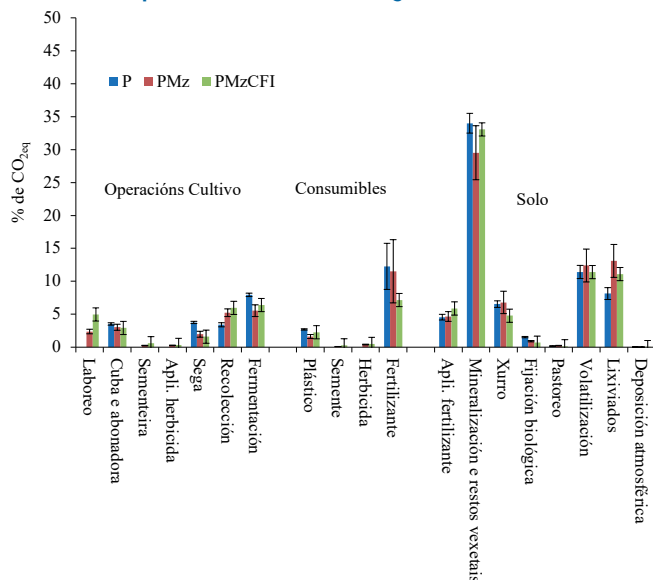


Figura 4. Distribución porcentual das emisións segundo o sistema forraxeiro



Emisións entre sistemas e cultivos forraxeiros

En xeral, as emisións por hectárea aumentan coa intensificación forraxeira ($P < 0,05$), obténdose valores medios de 1946 kg CO_{2eq} ha⁻¹ (táboa 3) e comparables á produción de cereais gran de 2082 kg (Rajaniemi *et al.*, 2011). Así, cada incremento dunha unidade

porcentual na superficie de millo, as emisións aumentan 35,2 kg CO_{2eq} e 32,3 kg CO_{2eq} as forraxes de inverno, reducíndose ao aumentar a superficie de pradería (figura 3).

O chan (SU) foi o maior emisor de gases de efecto invernadoiro e independentemente do modelo forraxeiro, con porcentaxes medias do 70,6 ±

8,3 % (táboa 3), similares ao rango de 64-76 % en trigo (Koga *et al.*, 2006). Mentres, as operacións de cultivo (OC) representaron o 20,1 ± 5,8 % e superiores en PMzCFI ($P < 0,05$), sen diferenzas nos consumibles (CON), con porcentaxes medias do 9,2 ± 7,5 %. As emisións de cada forraxe dentro da superficie que ocupan foron diferentes ($P < 0,05$), con mínimas de 515 kg CO_{2eq} na herba de pradería en prebebe (HPP) e máximas de 886 kg CO_{2eq} o ensilado de herba en microsilos (táboa 3).

A distribución porcentual das emisións para OC, CON e SU de cada modelo forraxeiro e forraxe veñen representadas na figuras 4 e 5. A mineralización do chan e os restos de colleita do (SU) representan o 32,1 % do total de CO_{2eq} no conxunto de modelos, seguido da volatilización do NH₃ e lixiviados de NO₃⁻ do 11,7 % e 10,7 % respectivamente (figura 4). Os fertilizantes do grupo (CON) formaron as emisións maiores co 10,3 %; mentres, a fermentación dos ensilados fíxoos co 6,6 % de (OC) e similares ao 7,3 % ocasionadas pola sega e a recolección xuntas, sen diferenzas entre modelos (figura 4).

Entre forraxes e para OC, as maiores emisións relativas localizáronse nos procesos de fermentación da forraxe, equivalentes ao 11,7 % en EHM; 9,6 % en EHT e do 8,3 % en ERM (figura 5). Mentres, as de sega e recolección foron superiores en EMz do 13 % e as inferiores do 2,5 % en ERM, que representan o 43,6 % en EMz e o 12,8 % en ERM e 29,4 % en ERM do total de emisións neste grupo. Non obstante, o superior número de aproveitamentos en HPP foi a causa da maior porcentaxe de emisións en HPP do 63,5 % do total das operacións de cultivo. ▶▶



INDUSAGRI

Selección Natural



Polígono Industrial Matela I
Parcela 17, 27150 Otero De Rey, Lugo.
TLF: 982 209 681 | FAX: 982 207 204

www.indusagri.es
indusagri@indusagri.es

Figura 5. Distribución porcentual das emisións segundo o cultivo forraxeiro

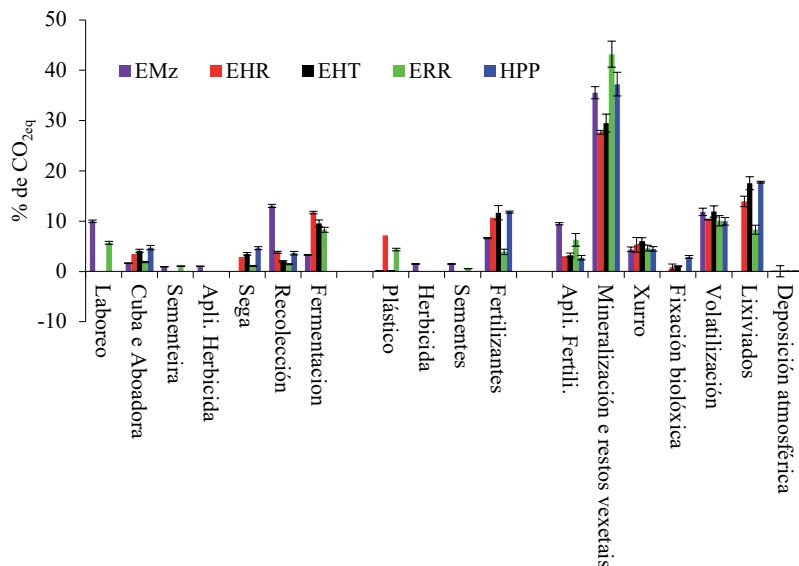
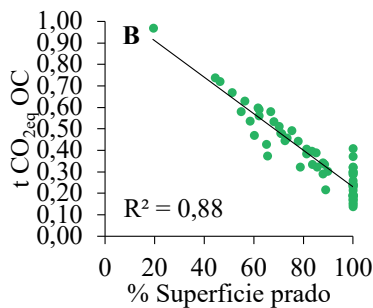
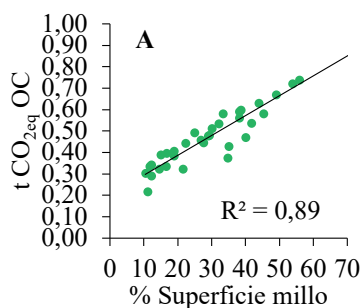


Figura 6. Relación entre produción de biomasa e o CO_2eq das operacións de cultivo (OC); A: superficie de millo; B: superficie de prado; C: por quilogramo de materia seca (conxunto forraxes); D: por quilogramo de materia seca en HPP; E: EHM; F: EHT; G: EMz; H: ERM



A contribución dos fertilizantes ás emisións totais no grupo CON foi máxima en EHT co 11,7 % e a mínima de o 3,9 % en ERM (figura 5). O plástico dos microsilos foi 6,3 kg t⁻¹ materia seca e 0,3 kg nos de trincheira, dando lugar a porcentaxes de emisións mínimas do 0,13 % en EMz e máximos de 7,2 % e 4,3 % en EHM e ERM, res-

pectivamente. As procedentes da mineralización e restos vexetais do solo foron superiores en ERM (43,2 %) e HPP (37,2 %), e as menores en EH R do 27,6 %. As baixas precipitacións do verán deron lugar a drenaxes inapreciables; esta circunstancia é a causa da ausencia de emisións procedentes dos lixiviados no SU.

Variables relacionadas coas emisións das operacións de cultivo (OC)

A porcentaxe de superficie de millo relacionouse positivamente co CO_2eq de OC ($r^2 = 0,89$) e negativamente ($r^2 = 0,88$) co de pradeira (figura 6). Incrementos dunha unidade porcentual na superficie de millo pode aumentar 9,27 kg de CO_2eq , con máximos de 8,8 kg CO_2eq en PMzCFI ($r^2 = 0,94$) e mínimos de 5,4 kg CO_2eq en PMz ($r^2 = 0,69$). As emisións de OC relacionáronse positivamente coa produción final de materia seca por hectárea segundo a ecuación: $-176 + 0,062 \text{ kg MS ha}^{-1}; \pm 129 \text{ r}^2 = 0,45$, con pendentes de 0,005; 0,04; 0,029; 0,062 e 0,069 kg $\text{CO}_2\text{eq kg}^{-1} \text{ MS}$ en HPP, EHM; EHT; EMz e ERM respectivamente (figura 6). ▶▶



Distribuidor de Semillas RAGT para Galicia y Asturias

Venta de todo tipo de semillas para praderas, mezclas especiales para coberteras y desinfección del suelo, mostazas, habas, guisantes, colzas, alfalfa, vezas y todo tipo de cereales

Polígono Lalín 2000
Ciudad del Transporte - nave A3
36500 LALÍN (Po)

gilangel@hotmail.es
Tel.: 670 535 636

¿Conoces nuestras variedades líderes de **FORRAJERAS?**

RAY-GRASS HÍBRIDO

VEZA

TRÉBOL VIOLETA

FESTUCA ALTA

RAY-GRASS INGLÉS

DACTILO

FÓRMULAS FORRAJERAS

RAY-GRASS ITALIANO

ALFALFA

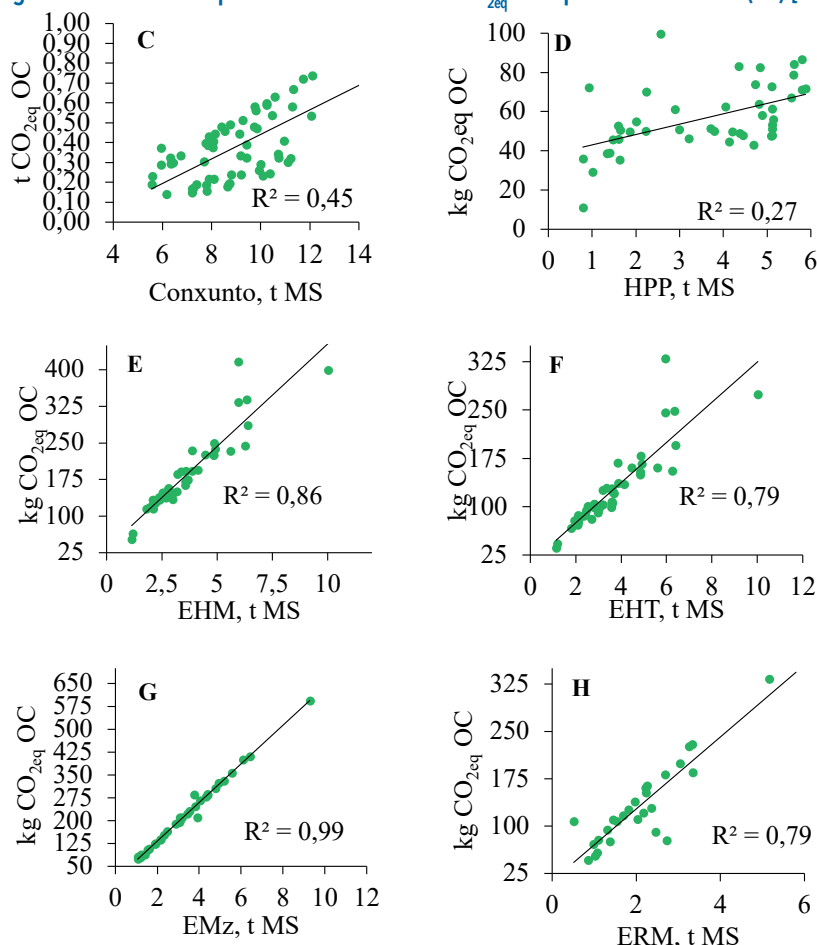
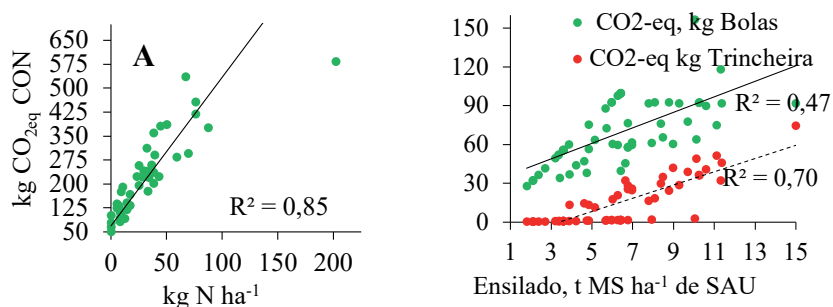
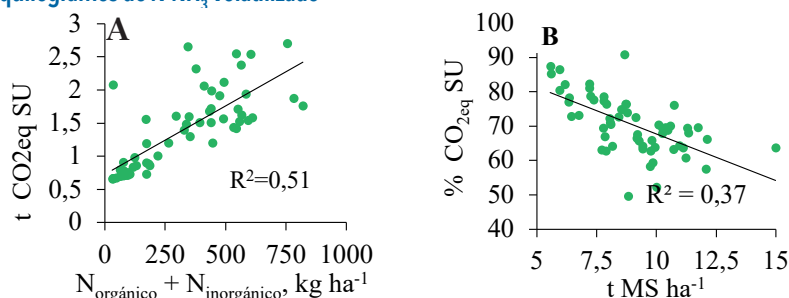
TRÉBOL BLANCO

COBERTURA VEGETAL

www.ragt-semillas.es

RAGT Iberica • Crta. Burgos km. 2,1
Apdo de Correos 612 • 34004 Palencia • España
Tel : (34) 979 725 199 • Fax : (34) 979 711 807

¡ Líder europeo en semilla multiespecie !

Figura 6. Relación entre producción de biomasa e o CO_2 das operacións de cultivo (OC) [cont.]

 Figura 7. A: Relación entre o fertilizante nitroxenado comprado ha^{-1} e CO_2 dos consumibles (CON); B: Relación quilogramos de materia seca ensilada e o CO_2 do plástico

 Figura 8. A: Relación toneladas de CO_2 e a achega de N por hectárea; B: porcentaxe de CO_2 do solo (SU) e a produción de biomasa por hectárea; C: toneladas de CO_2 e a eficiencia de utilización do N do solo (NUEsolo); D: toneladas de CO_2 e o exceso de N por hectárea; E: toneladas de CO_2 e os quilogramos de N-NO_3 lixiviado; F: toneladas de CO_2 e os quilogramos de N-NH_3 volatilizado


Variables relacionadas coas emisións de CO_2 dos consumibles (CON)

A compra de fertilizante nitroxenado representou aumentos de $4,6 \text{ kg CO}_2$ por quilogrammo (figura 7A). As emisións de CO_2 do plástico foron de $5,4 \text{ kg ha}^{-1}$ en PMZCFI e de 30 kg ha^{-1} en PMZ; entre forraxes, maior en EHM e E RM con valores de $63 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ e $29 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1}$. As emisións do plástico relaciónanse positivamente coa materia seca total ensilada por hectárea (figura 7B) e tipo de silo: (microsilos = $30,9 + 0,006 \text{ kg MS ensilada}$; $\pm 18,4$ $r^2 = 0,46$ ou trincheira = $-17,3 + 0,005 \text{ kg MS ensilada}$; $\pm 9,7$ $r^2 = 0,69$).

Variables relacionadas coas emisións do solo (SU)

Os chans emiten óxido nítrico (N_2O) de forma natural como produto intermedio da nitrificación e desnitrificación e dependendo, entre outros, da dispoñibilidade de N (IPCC, 2006). O N achegado ao chan relaciónase positivamente ➡

CALIZA AGRÍCOLA CALIZA MAGNESIANA

O millo e as praderías precisan de pH próximos á neutralidade. Tanto a caliza agrícola coma a magnesiana que ofrece Calfensa axudan a corrixir a acidez dos nosos solos, evitando a toxicidade do aluminio e favorecendo a asimilación do fósforo. Así mesmo, melloran a súa estrutura, aumentando a aireación e a drenaxe.

A caliza de Calfensa provén de calcita que, unha vez moída, é de efecto máis rápido que a proveniente de dolomita.

Grazas á finura de moenda coa que traballa Calfensa, os seus produtos son altamente solubles. Rápida acción dificilmente superable por outras calizas menos moidas ou granuladas.

A diferenza do cal vivo, a caliza de Calfensa non é agresiva, non produce queimaduras, o que facilita a súa manipulación, sendo, do mesmo xeito, respectuosa cos microorganismos beneficiosos do solo.

Dado que se trata dun produto extraído directamente da terra, non produce efectos negativos para o medio, sendo recoñecido polo Consello Regulador de Agricultura Ecolóxica.

AENOR certifica os sistemas de Xestión de Calidade, Medio Ambiente e Seguridade e Saúde no Traballo de Calfensa.

CALIZA AGRÍCOLA NOVO SISTEMA DE ESTENDIDO CALIZA MAGNESIANA



a calfensa

a caliza da túa terra®

Novo produto granulado

Corrección de pH e aporte de Magnesio



MODALIDADES DE SERVIZO



APLICADO SOBRE O TERREO



A GRANEL



SACO DE 25 KG



BIG BAG DE 1.000 KG

Ctra. Lugo - Sarria LU-546 km 2 · 27161 Santa Comba (LUGO)
info@calfensa.com · www.calfensa.com

982 305 902

Certificación Intereco para:
Caliza Agrícola e
Caliza Magnesiana



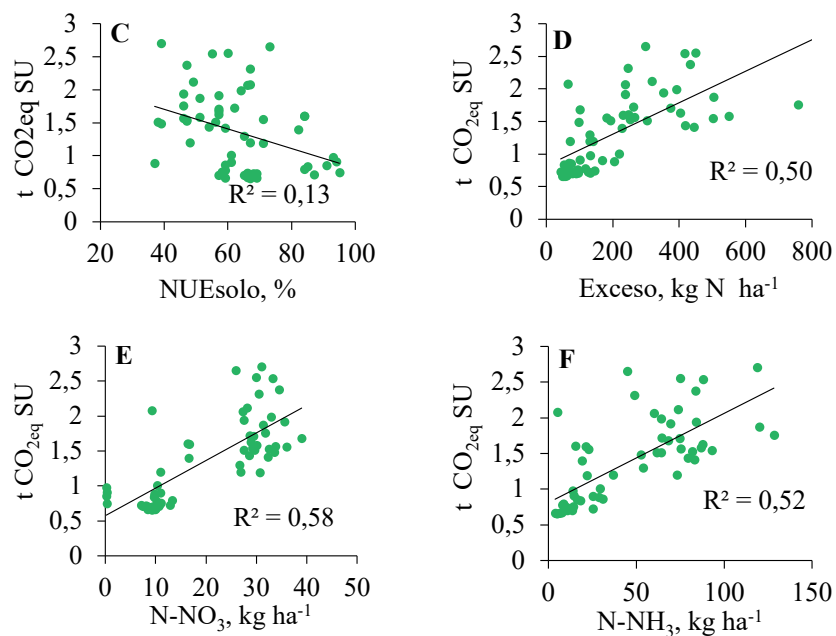


Figura 9. Relación da produción de biomasa cos restos vexetais (A); Achegas de biomasa e xurro con carga gandeira (B); achegas de xurro coa compra de alimentos (C) e restos vexetais coa compra de alimento (D)

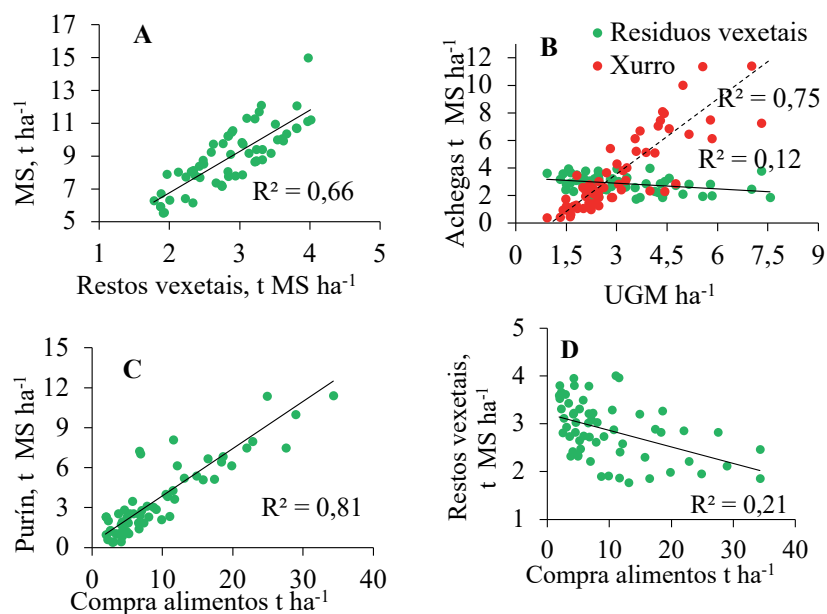
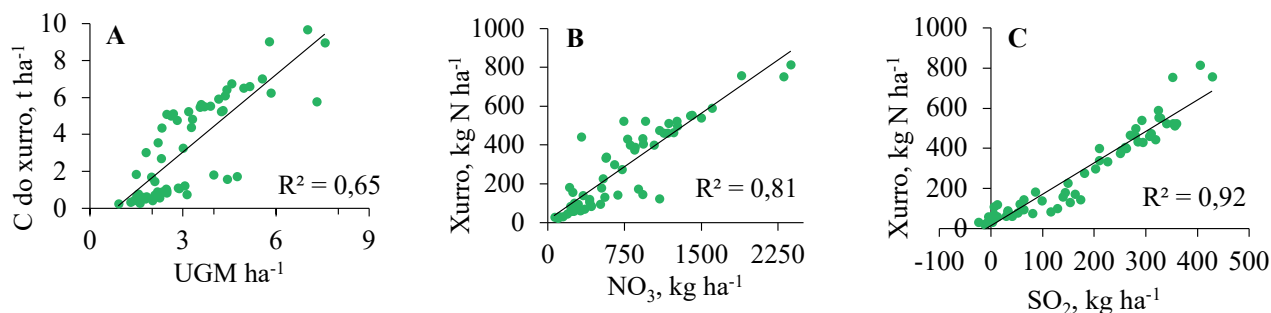


Figura 10. Relación da carga gandeira e a achega de C do xurro (A) e N do xurro respecto da eutrofización (B) e a acidificación potencial (C)





PIONEER®

MADE TO GROW™

Cuestión de confianza

Pregunte a nuestros asesores y distribuidores por los nuevos productos y mezclas con trébol y veza

Raigrás Pioneer: calidad contrastada

Lilio

Lolium multiflorum var.
Westerwoldicum

**Alta producción y
facilidad de manejo**

Destaca por:

- Gran producción en heno, forraje en verde y ensilado: el primer Raigrás que une altísimos rendimientos y fácil manejo.

Faraone

Lolium multiflorum
subsp. *Italicum*

**Máximo potencial
en calidad forrajera**

Destaca por:

- Ser la nueva variedad de Raigrás con elevadísima capacidad productiva.

MixPraderas

**La mezcla óptima
de raigrás italiano
y Westerwold**

Destaca por:

Ser una mezcla exclusiva elaborada por Pioneer que contiene un 60% de raigrás italiano (variedad Faraone) con un 40% de raigrás Westerwold (variedad Lilio).



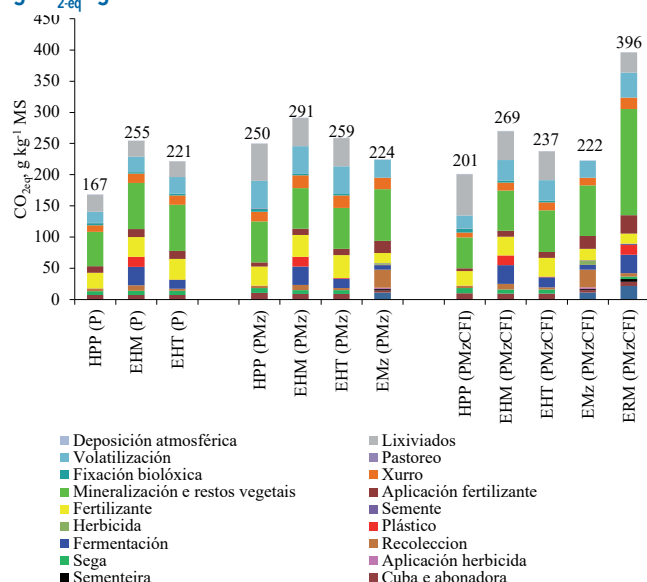
CORTEVA™
agriscience



Visítenos en: corteva.es | [@cortevaES](https://twitter.com/cortevaES)

®, ™, SM Son marcas comerciales o de servicio de Corteva Agriscience y de sus compañías filiales. ©2021 Corteva Agriscience™.

Figura 11. g CO_{2eq} kg⁻¹ MS en orixe das forraxes dentro de cada modelo forraxeiro



Táboa 4. Achegas de carbono entre os modelos forraxeiros e forraxes

		P	PMz	PMzCFI	sd	P
HPP	C contido nas forraxes, kg ha ⁻¹	1965	1415	1190	755	***
	MS residuos vexetais arriba, kg	659	467	535	263	***
	MS residuos vexetais debaixo, kg	1140	808	926	456	***
	MS residuos vexetais, kg	1800	1275	1060	719	***
	MS xurro, kg	1063	1028	507	767	NS
	MS totais, kg	2863	2304	1568	961	***
	C restos vexetais, kg	809	574	485	323	***
	C xurro, kg	827	814	489	631	NS
	C totais, kg	1636	1388	967	603	***
	CO ₂ sequestrado, kg	599	508	355	220	***
EHM	C contido nas forraxes, kg ha ⁻¹	1945	1491	1240	779	***
	MS residuos vexetais arriba, kg	216	165	174	86	***
	MS residuos vexetais debaixo, kg	1128	853	904	471	***
	MS residuos vexetais, kg	1345	1019	840	5,57	***
	MS xurro, kg	2060	2128	1089	2414	NS
	MS totais, kg	3406	3147	1929	2684	NS
	C restos vexetais, kg	605	459	378	252	***
	C xurro, kg	1568	1962	1350	1783	***
	C totais, kg	2173	2420	1728	1919	NS
	CO ₂ sequestrado, kg	794	886	633	699	NS
EHT	C contido nas forraxes, kg ha ⁻¹	1945	1491	1240	779	***
	MS residuos vexetais arriba, kg	216	165	174	86	***
	MS residuos vexetais debaixo, kg	1128	853	904	471	***
	MS residuos vexetais, kg	1345	1019	840	557	***
	MS xurro, kg	2060	2128	1089	2414	NS
	MS totais, kg	3406	3147	1929	2684	NS
	C restos vexetais, kg	605	459	378	251	***
	C xurro, kg	1568	1962	1350	1783	***
	C totais, kg	2173	2420	1728	1919	NS
	CO ₂ sequestrado, kg	794	886	633	699	NS

co N₂O en CO_{2eq} ha⁻¹ (figura 8A), segundo a ecuación de conxunto: kg CO_{2eq} ha⁻¹ = 1161 + 2,72 kg N (orgánico + inorgánico) ±581 r² = 0,52 e pendentes diferentes entre modelos forraxeiros de 3,10; 1,91 e 2,09 kg CO_{2eq} kg⁻¹ N en P, PMz e PMzCFI respectivamente. A pendente de 2,74 kg foi similar á sinalada por Hillier *et al.* (2009) en leguminosas, cereais de inverno e verán, oleaxinosas e patacas. Os resultados mostraron, ademais, descensos nas emisións do chan ao aumentar a produción de materia seca por hectárea, segundo a ecuación: 94,7 - 0,003 kg MS ha⁻¹; ±6,6 r² = 0,37 (figura 8B), sen relacións significativas respecto ao total de CO_{2eq} por hectárea, nin coa porcentaxe de superficie de millo.

A eficiencia de utilización do nitróxeno do chan (NUE_s) relacionouse negativamente coas emisións neste, pero con baixo coeficiente de determinación (Figura 8C), segundo a ecuación: 2296 - 14,8 % NUE_s; ±560 r² = 0,13. Janssens *et al.* (2005) sinalaron recuperacións do 60 % do N total achegado, similares ao 62,8 % para o conxunto de modelos forraxeiros. Entre outros, el exceso de N no chan, incrementa as emisións indirectas de N₂O derivadas dos lixiviados; con todo, poden reducirse ao aumentar a NUE_s. Este traballo mostrou relacións positivas entre o exceso de N da explotación e as emisións do chan segundo a ecuación: 821 + 2,41 exceso N; ±425 r² = 0,50, (figura 8D), maior en P (2,95 kg

Táboa 4. Achegas de carbono entre os modelos forraxeiros e forraxes (cont.)

		P	PMz	PMzCFI	sd	P
EMz	C contido nas forraxes, kg h ⁻¹	-	1018	1654	815	NS
	MS residuos vexetais arriba, kg	-	368	551	295	NS
	MS residuos vexetais debaixo, kg	-	61	91	48	NS
	MS residuos vexetais, kg	-	430	699	344	NS
	MS xurro, kg	-	2862	1408	1302	***
	MS totais, kg	-	3292	2107	1385	*
	C restos vexetais, kg	-	193	314	155	NS
	C xurro, kg	-	1579	1582	1138	NS
	C totais, kg	-	1772	1896	1233	NS
	CO ₂ secuestrado, kg	-	645	692	450	NS
ERM	C contido nas forraxes, kg ha ⁻¹	-	-	834	398	-
	MS residuos vexetais arriba, kg	-	-	264	139	-
	MS residuos vexetais debaixo, kg	-	-	457	241	-
	MS residuos vexetais, kg	-	-	722	380	-
	MS xurro, kg	-	-	1408	838	-
	MS totais, kg	-	-	2130	965	-
	C restos vexetais, kg	-	-	324	171	-
	C xurro, kg	-	-	789	534	-
	C totais, kg	-	-	1114	641	-
	CO ₂ secuestrado, kg	-	-	406	234	-
CONXUNTO	C contido nas forraxes, kg ha ⁻¹	3684	3520	4478	849	***
	MS residuos vexetais arriba, kg	799	868	1246	354	***
	MS residuos vexetais debaixo, kg	2138	1492	1682	476	***
	MS residuos vexetais, kg	2937	2360	2928	609	NS
	MS xurro, kg	3001	5725	4255	3201	NS
	MS totais, kg	5939	8055	7154	2955	NS
	C restos vexetais, kg	1322	1062	1318	274	NS
	C xurro, kg	2299	4122	4030	3291	*
	C entrado totais solo, kg	3621	5185	5348	2521	*
	CO ₂ secuestrado, kg	1324	1896	1958	922	*

P:Pradeira; PMz: Prado-Millo; PMzCFI: Prado-Millo-Cultivos de Inverno; sd: desviación estándar ***
P < 0,001; NS: non significativo

CO_{2eq} kg⁻¹ N exceso; r² = 0,62) e a menor de 1,77 kg en PMz (r² = 0,62). El N lixiviado e o amoniacal relacionáronse positivamente coas emisións do chan (figuras 8E e 8F), con pendentes de 52,3 kg kg⁻¹ e 15,6 kg kg⁻¹ respectivamente en P; 31,1

kg kg⁻¹ e 8,5 kg en PMz e 32,1 kg kg⁻¹ e 9,9 kg kg⁻¹ en PMzCFI.

BALANCE E SECUESTRO DE CARBONO

Os restos vexetais e o xurro achegado ao solo, así como a súa equivalencia ►

Semillas

ASTURVERDE

Semillas forrajeras y pratenses

Mezclas para jardín y campos deportivos

Ceceda - NAVA - ASTURIAS - Tfno: 985 70 40 17

Táboa 5. Pegada de carbono das forraxes dentro de cada modelo forraxeiro

		P1	PMz1	PMzCFI1	sd
HPP	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe}	0,167	0,249	0,201	0,13
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC	-0,001	0,024	0,014	0,06
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC+iLUC	0,093	0,089	0,055	0,07
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ SC	0,168	0,225	0,187	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ iLUC	0,094 ^b	0,065 ^a	0,04 ^b	0,03
EHM	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe}	0,255	0,291	0,269	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC	0,084	0,032	0,064	0,13
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC+iLUC	0,184	0,115	0,108	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ SC	0,17	0,259	0,20	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ iLUC	0,099 ^b	0,083 ^b	0,044 ^a	0,05
EHT	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe}	0,221	0,258	0,236	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC	0,051	-0,0005	0,030	0,13
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC+iLUC	0,15	0,083	0,075	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ SC	0,17	0,259	0,205	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ iLUC	0,099 ^b	0,083 ^b	0,044 ^a	0,05
EMz	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe}	-	0,224	0,222	0,028
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC	-	-0,158	0,035	0,10
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC+iLUC	-	0,04	0,086	0,09
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ SC	-	0,24	0,187	0,11
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ iLUC	-	0,056	0,051	0,019
ERM	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe}	-	-	0,395	0,12
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC	-	-	0,177	0,15
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC+iLUC	-	-	0,203	0,14
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ SC	-	-	0,218	0,10
	CO _{2-eq} kg ⁻¹ iLUC	-	-	0,026	0,007

en carbono, veñen indicados na táboa 4. Os primeiros por arriba (restrollo e perdas mecánicas) contribúen con 1008 kg MS ha⁻¹ e 1857 kg por abaixo (raíces), e diferentes entre modelos forraxeiros (P < 0,001), incrementando 0,26 kg kg⁻¹ ha⁻¹ conforme o fai a produción de forraxe (figura 9A). O 48,3 %; 39,6 %; 23,1 % e 24,5 % de materia seca dos restos vexetais proceden respectivamente da herba en prebebe, a ensilada, o millo e o raigrás italiano. Mogensen *et al.* (2014) sinalaron para o millo achegas de restos vexetais do 30,2 % para rendementos de 11,1 t MS ha⁻¹, lixeiramente superiores ao 23,1 % e 11,3 t MS ha⁻¹ neste traballo. Asumindo a asignación de xurro a cada cultivo forraxeiro o sinalado na táboa 2, este achegou 3869 kg MS ha⁻¹, equivalentes a 1815 kg MS por UGM (figura 9B). No entanto, a produción de xurro na granxa é unha función da cantidade de alimento comprado (táboa 1), onde cada quilogramo de materia seca como alimento adquirido fóra

da explotación pode incrementar 0,35 kg MS de xurro (figura 9C) e reducir 0,035 kg MS os residuos vexetais (figura 9D).

Coincidente con Snyder *et al.* (2009) e O'Brien *et al.* (2014) os restos vexetais e o xurro son as fontes de C máis importantes para o mantemento dos solos agrícolas. Mentres, as praderías permanentes son consideradas como sumidoiros de carbono (Soussana *et al.*, 2010). O carbono das colleitas, o achegado polos restos vexetais e o xurro de conxunto foron de 4022 kg ha⁻¹, 1289 kg ha⁻¹ e 3291 kg ha⁻¹ respectivamente (táboa 4), sendo a diferenza entre as entradas e saídas de -63 kg para P, 1655 kg en PMz e 870 kg en PMzCFI.

Entre outros aspectos agronómicos, a aplicación de xurro ao chan incrementa a produción de forraxe e o carbono a través das raíces (Conant *et al.*, 2001). A figura 10A representa a relación entre a carga gandeira e a achega de C do xurro, onde aumentos dunha UGM, o C pode incrementar 1396 kg ha⁻¹. Con todo, achegas

sucesivas e continuadas como consecuencia de prácticas agrícolas ineficientes ou alta carga gandeira, como ocorre no presente traballo, poden aumentar o risco de eutrofización terrestre (Rodríguez e Macías, 2006). Os resultados puxeron de manifesto que un quilogramo de N de xurro aplicado ao chan pode aumentar a eutrofización e acidificación en 2,2 kg NO_{3eq} e 0,58 kg SO_{2eq} respectivamente (figuras 10B e 10C).

Vleeshouwers e Verhagen (2002) sinalaron liberacións anuais de 0,84 t C ha⁻¹ para as terras arables; mentres, as pradeiras actúan como sumidoiros, con medias de 0,52 t C ha⁻¹. O secuestro de carbono atribuído ao manexo do chan en prados de Irlanda, O Reino Unido e Os Estados Unidos varía de 0,79 t CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ a 1,75 t CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ (Conant *et al.*, 2001; Soussana *et al.*, 2010). O secuestro de CO₂ foi diferente entre modelos forraxeiros (táboa 6), con valores de 1,3 t ha⁻¹ ano⁻¹; 1,8 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 1,9 t ha⁻¹ ano⁻¹ para P, PMz e PMzCFI respectivamente, e dentro do rango de 0,72 t ha⁻¹ ano⁻¹ a 1,74 t ha⁻¹ ano⁻¹ sinalado por O'Brien *et al.* (2014). No entanto, estes valores están suxeitos a incertezas metodolóxicas para estimar o C dos residuos vexetais. ►►

EL ABONADO RENTABLE Y EFICAZ DE CULTIVOS FORRAJEROS

ENTE[®]C

MAYOR EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO

Fertilizantes estabilizados que reducen la nitrificación y aseguran el suministro de N

AHORRO OPERACIONAL Y APLICACIONES FLEXIBLES

Menor número de aplicaciones y menor dependencia del clima

COMPATIBLE CON LA PROTECCIÓN DEL CLIMA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Reducción de las pérdidas de nitratos por lavado y de las emisiones de gases de efecto invernadero

EXCELENTE ALMACENAMIENTO Y APLICACIÓN PRECISA

Granulometría homogénea y con ausencia de polvo para garantizar una distribución uniforme de los nutrientes



EuroChem Agro Iberia, S.L.
www.eurochemiberia.com



EUROCHEM

Táboa 5. Pegada de carbono das forraxes dentro de cada modelo forraxeiro (continuación)

Forraje	HPP	EHM	EHT	EMz	ERM	Conjunto	sd
CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe}	0,189 ^a	0,266 ^b	0,232 ^{ab}	0,223 ^{ab}	0,395 ^c	0,251 ^b	0,12
CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC	0,0075 ^a	0,069 ^b	0,036 ^{ab}	0,025 ^{ab}	0,177 ^c	0,049 ^{ab}	0,13
CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC+iLUC _{ind}	0,078 ^a	0,142 ^b	0,108 ^{ab}	0,077 ^a	0,203 ^c	0,217 ^c	0,12
SC, kg CO ₂ kg MS	0,182 ^a	0,196 ^a	0,196 ^a	0,198 ^a	0,218 ^a	0,201 ^a	0,12
iLUCind, kg CO ₂ kg MS	0,071 ^c	0,072 ^c	0,072 ^c	0,052 ^b	0,026 ^a	0,072 ^b	0,04
Sistema forraxeiro	P ¹	PMz ¹	PMzCFI ¹	sd	ERM	Conjunto	sd
CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe}	0,219 ^a	0,257 ^{ab}	0,27 ^c	0,12	0,395 ^c	0,251 ^b	0,12
CO _{2-eq} kg ⁻¹ MS _{orixe} -SC+iLUC _{ind}	0,145 ^b	0,080 ^a	0,109 ^{ab}	0,12	0,177 ^c	0,049 ^{ab}	0,13
SC, kg ⁻¹ CO ₂ kg MS	0,172 ^a	0,249 ^b	0,202 ^a	0,12	0,203 ^c	0,217 ^c	0,12
iLUC _{ind} , kg ⁻¹ CO ₂ kg MS	0,099 ^c	0,072 ^b	0,041 ^a	0,04	0,218 ^a	0,201 ^a	0,12
iLUC _{ind} , kg CO ₂ kg MS	0,071 ^c	0,072 ^c	0,072 ^c	0,052 ^b	0,026 ^a	0,072 ^b	0,04

P: Pradeira; PMz: Pradeira-Millo; PMzCFI: Pradeira-Millo-Cultivos de Inverno; _{orixe}: kg CO₂ da forraxe producida na superficie cultivada; SC: secuestro de carbono; iLUC: cambio do uso do solo indirecto; sd: desviación estándar; ^{a, b, c} e ^d dentro da mesma fila difiren P < 0,05

PEGADA DE CARBONO DAS FORRAXES

A pegada de carbono de cada forraxe dentro do seu modelo forraxeiro expresado en g CO_{2-eq} kg⁻¹ MS vén representada en figura 11. A mesma foi valorada baixo tres aspectos: i) sen incluír o secuestro de carbono (MS_{orixe}), ii) incluíndoo (MS_{orixe} - SC) e iii) considerando o uso indirecto do chan (MS_{orixe} - SC + iLUC_{ind}). OCO_{2-eq} kg⁻¹ MS_{orixe} foi inferior en la herba de pradería en prebebe (HPP), equivalente a 0,189 kg CO_{2-eq} kg⁻¹ MS (P < 0,05) e a maior de 0,39 kg CO_{2-eq} kg⁻¹ que foi o ensilado de cultivos forraxeiros de inverno en microsilos (ERM). Os ensilados de herba en microsilos (EHM) presentaron incrementos de 0,032 kg CO_{2-eq} kg⁻¹ MS respecto dos de trinchera (EHT), atribuído ao plástico e ás perdas nos procesos de fermentación (Salcedo *et al.*, 2009), representando en ambos os casos 15,6-29,9 g CO_{2-eq} kg⁻¹ MS ensilada en EHM e 0,3-14 g CO_{2-eq} kg⁻¹ MS en EHT respectivamente. A MS_{orixe} en lvs ensilados EHM e EHT foi inferior a 0,50 kg CO_{2-eq} kg⁻¹ MS sinalado por Mogensen *et al.* (2014) en graxas danesas, imputable entre outros, á menor achega de nitróxeno mineral; inferior a 0,34 kg en USA (Adom *et al.*, 2012) e similares a 0,22 kg en explotacións leiteiras de Australia (Christie *et al.*, 2008). Mentres, o ensilado de millo (EMz) foi similar de 0,22 kg sinalado por Mogensen *et al.* (2014) e de 0,21 kg (Adom *et al.*, 2012). Pola contra, a maior pegada correspondeu a ERM, imputable ás maiores perdas de emisións por laboreo e mineralización do chan (figura 11).

O carbono secuestrado (SC, kg CO₂ kg⁻¹ MS) dos restos vexetais e do xurro reduciu MS_{orixe} un 80 % para o conxunto de forraxes, con máximos do 96,2 % en HPP, mínimos de 55,1 % en ERM e intermedios de 88,7 % e 84,4 % en EMz e EHT respectivamente (táboa 5). El maior secuestro de carbono entre modelos forraxeiros por quilogramo de materia seca foi para PMz (P < 0,05) sen diferenzas entre P e PMzCFI (táboa 5). O cambio de uso do chan indirecto (iLUC_{ind}, kg CO₂ kg⁻¹ MS) foi superior en HPP, EHM e EHT (táboa 5), mínimos de 0,026 kg CO₂ kg⁻¹ MS en ERM e intermedios de 0,052 kg CO₂ kg⁻¹ MS EMz, imputable en todos os casos, ás diferenzas de produción e á porcentaxe de superficie de cada cultivo e entre modelos forraxeiros, maior en P (P < 0,05). A pegada de carbono final (CO_{2-eq} kg⁻¹ MS_{orixe} - SC + iLUC_{ind}) foi maior en ERM (P < 0,05), cun valor medio de 0,203 kg CO_{2-eq} kg⁻¹ MS e o menor no modelo PMzCFI (táboa 5).

CONCLUSIÓNS

As emisións de gases de efecto invernadoiro entre modelos forraxeiros e por hectárea increméntanse coa intensificación forraxeira, pero diminúen por quilogramo de materia seca. Independentemente do modelo forraxeiro, os microsilos de herba e raigrás presentaron as maiores emisións por quilogramo de materia seca, e as menores emisións presentáronas a herba de pradería en pesebre e o ensilado de millo. A produción de forraxe, o destino e a utilización do N do xurro foron as variables mellor

▶ O SECUESTRO DE CARBONO PODE REDUCIR UN 80 % A PEGADA DE CARBONO DUN KM DE MATERIA SECA

relacionadas coa pegada de carbono. O carbono procedente dos restos vexetais e do xurro foron superiores ao recollido en PMz e PMzCFI, situándose próximo ao equilibrio en P. O secuestro de carbono pode reducir un 80 % a pegada de carbono dun quilogramo de materia seca. ■

NOTA DO AUTOR

Este traballo foi publicado na revista *ITEA- Información Técnica Económica Agraria*, 116(4): 311-337
<https://doi.org/10.12706/itea.2020.008>

CALGREEN

magnesiana

by ARVUM

UN CORRECTO ENCALADO
MEJORA LA PRODUCTIVIDAD
DEL SUELO Y **AHORRA** HASTA

37*
€/ha
EN FERTILIZANTE



*El encalado mejora
los niveles de pH
del suelo*



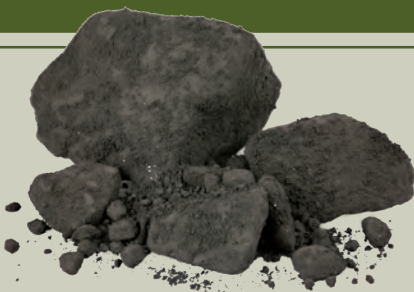
Descubre todas las ventajas del

Método
CALGREEN®

by ARVUM

¡Consúltanos!

CALGREEN®
BORO



**EL BORO MEJORA EL RENDIMIENTO
DE LA PLANTA FAVORECIENDO
LA FLORACIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD**



*Cifra aproximada en pradera usando el Método Calgreen y con asesoramiento profesional

ARVUM

www.arvumsuministrosagrarios.org

BIBLIOGRAFÍA

Adom F, Maes A, Workman C, Clayton-Nierderman Z, Thoma G, Shonnard D (2012). Regional carbon footprint analysis of dairy feeds for milk production in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 17: 520-534. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0386-y>.

Andeweg K, Reisinger A (2013). Reducing greenhouse gas emissions from livestock: Best practice and emerging options. Global Research Alliance, Dublin.

Audsley E, Brander M, Chatterton J, Murphy-Bokern D, Webster C, Williams A (2009). How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food System and the scope for to reduction them by 2050. Food Climate Research Network (FCRN) and WWF-UK. 80 pp.

Brandão MM, Levasseur A, Kirschbaum MF, Weidema B, Cowie A, Jorgensen S, Hauschild MZ, Pennington DW, Chomkamsri K (2013). Key issues and options in accounting for carbon sequestration and temporary storage in life cycle assessment and carbon footprinting. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18(1): 230-240. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0451-6>.

Brenttrup F, Küsters J, Lammel J, Kuhlmann H (2000). Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. *International Journal of Life Cycle Assessment* 5: 349-357. <https://doi.org/10.1007/BF02978670>.

Christie KM, Rawnsley R, Donaghy D (2008). Whole farm systems analysis of greenhouse gas emission abatement strategies for dairy farms, Final Report to Dairy Australia: UT12945. Tasmanian Institute of Agricultural Research, University of Tasmania. Hobart, Australia.

Conant RT, Paustian TK, Elliott ET (2001). Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Applications* 11: 343-355. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[0343:GMACIG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0343:GMACIG]2.0.CO;2).

Davies D (2008). Improving silage quality and reducing CO2 emissions. *Silage Insights - Bale Silage Production*. Newsletter Spring. Bale Silage Production section.

De Vries JW, Hoeksma P, Groenestein CM (2011). *Levens Cyclus Analyse (LCA) Pilots Mineralen concentraten*. Wageningen UR Livestock Research, rapport 480, 77 pp.

Dubey A, Lal R (2009). Carbon footprint and sustainability of agricultural production systems in Punjab, India, and Ohio, USA. *Journal of Crop Improvement* 23: 332-350. <https://doi.org/10.1080/15427520902969906>.

Eco-invent (2007). *Ecoinvent Data v2.0*. Final Reports Ecoinvent 2007. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf, Switzerland.

Fraters B, Reijers JW, van Leeuwen TC, Boumans LJM (2006). 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.

Gan Y, Liang C, Hamel C, Cuthforth H, Wang H (2011). Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 31: 643-656. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0011-7>.

Hillier J, Hawes C, Squire G, Hilton A, Wale S, Smith P (2009). The carbon footprints of food crop production. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7(2): 107-118. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0419>.

IPCC (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Janssens IA, Freibauer A, Schlamadinger B, Ceulemans R, Ciais P, Dolman AP, Heimann M, Nabuurs GJ, Smith P, Valentini R, Schulze ED. (2005). The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale - A European case study. *Biogeosciences* 2: 15-26.

Kaspar HF, Tiedje JM (1981). Dissimilatory reduction of nitrate and nitrite in the bovine rumen: nitrous oxide production and effect of acetylene. *Applied and Environmental Microbiology* 41: 705-709.

Kindler R, Siemens J, Kaiser K, Walmsley DC, Bernhofer C, Buchmann N, Cellier P, Eugier W, Gleixner G, Grünwald T, Heim A, Ibrom A, Jones S, Jones M, Klumpp K, Kutsch W, Steenberg K, Lehuger S, Loubet B, McKenzie R, Moors E, Osborne B, Pilegaard K, Rebmann C, Saunders M, Schmidt M, Schumpf M, Seyferth J, Skiba U, Soussana, J, Sutton M, Tefs C, Vowinkel B, Zeeman M, Kaupenjohann M (2011). Dissolved carbon leaching from soil is a crucial component of the net ecosystem carbon balance. *Global Change Biology* 17: 1167-1185. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02282.x>.

Koga N, Sawamoto T, Tsuruta H (2006). Life cycle inventory-based analysis of greenhouse gas emissions from arable land farming systems in Hokkaido, northern Japan. *Soil Science and Plant Nutrition* 52(4): 564-574. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2006.00072.x>.

Lal R (2001). Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse effect. *Soil Science Society of America Special publications* number 57. 236 pp.

Mahmuti M, West JS, Watts J, Gladders P, Fitt BD (2009). Controlling crop disease contributes to both food security and climate change mitigation. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7(3): 189-202. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0476>.

Middelaelar CE, Berentsen PBM, Dijkstra J, De Boer IJM (2013). Evaluation of a feeding strategy to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming: The level of analysis matters. *Agricultural Systems* 121: 9-22. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.05.009>.

Mogensen L, Kristensen T, Nguyen T, Knudsen MT, Hermansen J (2014). Method for calculating carbon footprint of cattle feeds - including contribution from soil carbon changes and use of cattle manure. *Journal of Cleaner Production* 73: 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.023>.

O'Brien D, Capper JL, Garnsworthy PC, Grainger C, Shalloo L (2014). A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. *Journal Dairy Science* 97: 1835-1851. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7174>.

Petersen BM, Knudsen MT, Hermansen JE, Halberg N (2013). An approach to include soil carbon changes in the life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production* 52: 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.007>.

Raison C, 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*, 13-14 diciembre, Rennes, Francia, pp. 43-65.

Rajaniemi M, Mikkola H, Ahokas J (2011). Greenhouse gas emissions from oats, barley, wheat and rye production. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue* 1: 189-195.

Rodríguez L, Macías F (2006). Eutrophication trends in forest soils in Galicia (NW Spain) caused by the atmospheric deposition

of nitrogen compounds. *Chemosphere* 63: 1598-1609. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.08.072>.

Rotz C, Chianese D, Montes F, Hafner S, Bonifacio H (2015). *Dairy Gas Emissions Model. Reference Manual, Version 3.2*. Agricultural Research Service, USDA.

Salcedo G (2006). Uso sostenible del nitrógeno en la alimentación de vacas lecheras. Documentos técnicos de Medio Ambiente. Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria. 263 pp.

Salcedo G, Martínez-Suller L, Sarmiento M (2009). Efectos del color de plástico y número de capas sobre la composición química y calidad fermentativa en ensilados de hierba y veza-avena. *Actas de la XLVIII Reunión Científica de la SEEP*, 15-18 de junio, Huesca, España, pp. 279-286.

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 pp.

Salcedo G (2015). *DairyCant: A model for the reduction of dairy farm greenhouse gas emissions*. *Advances in Animal Biosciences* 6(1): 26-28. <https://doi.org/10.1017/S2040470014000466>.

Savoie P, Jofriet JC (2003). *Silage storage*. En: *Silage Science and Technology*, Agronomy Monograph 42 (Eds. Buxton DR, Muck RE y Harrison JH), pp. 405-467. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c9>.

Schils R, Oudendag D, van der Hoek K, de Boer J, Evers A, de Haan M. (2006). *Praktijkrapport Rundvee 90, Broeikasgas Module BBPR, Alterra rapport 1268/RIVM rapport 680.125.006*.

Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O'Mara F, Rice C, Scholes B, Sirotenko O, Howden M, McAllister T, Pan G, Romanenko V, Schneider U, Towprayoon S, Wattenbach M, Smith J (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2008) 363, 789-813 <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>.

Snyder CS, Bruulsema TW, Jensen TL, Fixen PE (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133 (3-4): 247-266. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.021>.

Soussana JF, Tallec T, Blanfort V (2010). Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal* 4: 334-350. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990784>.

SPSS (2006). *SPSS for windows, versions 15.0*, SPSS Inc., Chicago (USA).

Thornthwaite CW (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38: 55-94. <https://doi.org/10.2307/210739>.

Velthof G, Oenema O (1997). Nitrous oxide emission from dairy farming systems in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 347-360.

Velthof GL, 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*.

Vleeshouwers LM, Verhagen A (2002). Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biology* 8(6): 519-530. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00485>.



CALCIMAG FLOW

¡ La única enmienda líquida a base de carbonato de calcio para mezclar con purín !

.....

Encale y fertilice en la misma aplicación

- ✓ Estimula la nitrificación
 - ✓ Reduce los malos olores
 - ✓ Reduce la emisión de gases de efecto invernadero
-



Descargue aquí la presentación completa del producto con todas sus características.



 **GRUPO
SOAGA**

Parque Empresarial Vilanova I (Vial B - Manzana 4 - Parcela 1)
36614 - Vilanova de Arousa (Pontevedra)
Tf. 986 51 60 30 Fax. 986 51 60 35
www.gruposoga.com

