



A aplicación web RAX de recomendación de fertilización con xurro no millo forraxeiro e as perdas de nitróxeno por volatilización de amoníaco

Neste estudo explicamos polo miúdo o funcionamento da aplicación RAX no millo forraxeiro, a cal proporciona unha recomendación de fertilización deste cereal tendo en conta como fonte principal de nutrientes a reciclaxe do xurro, unha recomendación que pode vir complementada co uso de fertilizantes minerais.

M.I. García Pomar, D. Báez Bernal, J. Castro Insua
Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo-Agacal

INTRODUCCIÓN

Nas explotacións de gando vacún do norte de España a alimentación baséase no consumo de concentrados mercadas e de forraxes producidas nas terras da propia explotación. As forraxes presentes son pradeiras, prados e pasteiros, que son pastoreados ou cortados para ensilado, herba seca ou consumo na corte e millo forraxeiro, raigrás italiano ou mesturas de cereal ou raigrás con leguminosas..., que son cortados para ensilar.

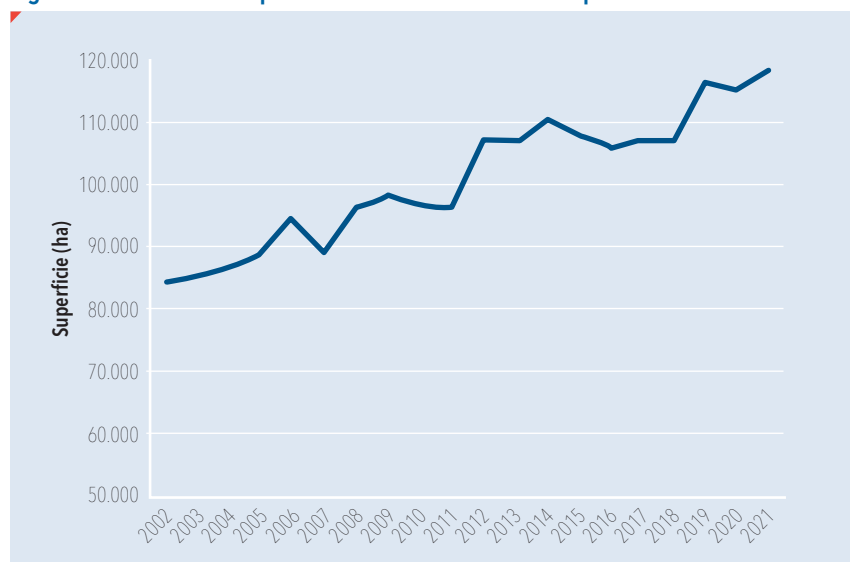
Segundo un estudo feito para o norte de España (Gonzalo *et al.*, 2017), o 58,7 % das explotacións leiteiras sementaban millo forraxeiro. Destas só o 15,5 % cultivaban millo sen intercalar ningún cultivo e as rotacións máis frecuentes foron: millo-raigrás italiano (53,7 % das explotacións), millo-pradeira (20,3 %), millo-cereal de inverno (5,3 %) e millo-outros cultivos (6,6 %). O 20,4 % da SAU estaba ocupada polo millo forraxeiro, incrementándose esta porcentaxe dende o

9,7 % nas explotacións con producións inferiores a 25 t de leite anuais ata o 44,2 % nas que tiñan producións superiores ás 500 t. O silo de millo representaba o 13,5 % da ración media das vacas de lactación, incrementándose esta porcentaxe coa intensificación produtiva dende o 3,6 % ata o 30 %.

A superficie de millo forraxeiro en España no ano 2021 foi de 118 251 ha, representando a superficie cultivada no norte (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco e Navarra) o 74 % do total,



Figura 1. Evolución da superficie de millo forraxeiro en España. Anos 2002-2021



cunha superficie en secano de 83 276 ha e en regadío de 4 266 ha (MAGRAMA, 2022). Na figura 1 pode verse o incremento da superficie nos últimos vinte anos.

AS APLICACIÓNS WEB RAX

As aplicacións web RAX de Recomendación de Fertilización con Xurro teñen a gran vantaxe de integrar e valorizar os nutrientes producidos nas explotacións gandeiras de vacún de leite. Neste artigo explicaremos o funcionamento da aplicación RAX no millo forraxeiro, que fai unha recomendación de fertilización no millo considerando como fonte principal de nutrientes a reciclaxe do xurro, recomendación que pode vir complementada co uso de fertilizantes minerais.

Para acceder á aplicación, hai que meterse na páxina web do CIAM

(www.ciam.gal), na parte superior dereita premer sobre “Aplicacións RAX e REN” e entrar na aplicación. Unha vez que se entra na aplicación, o primeiro paso é rexistrarse; o rexistro é completamente gratis, e só ten como misión coñecer os usuarios conectados e ofrecer un mellor servizo. O nome de usuario e o contrasinal introducidos serven para o acceso a calquera das aplicacións RAX e REN.

DATOS DE ENTRADA DO PROGRAMA

Para realizar unha correcta fertilización do millo forraxeiro con xurros hai que coñecer a composición química do xurro, a riqueza en nutrientes do solo, as extraccións de nutrientes do millo segundo a produción e o momento da aplicación. Así mesmo, o uso de técnicas e condicións de aplicación axeitadas me-

lloran a eficiencia na utilización do nitróxeno do xurro.

Por todo isto, para obter a recomendación de fertilización coa aplicación RAX é necesario introducir os seguintes datos:

- Composición química do xurro
- Nome da parcela
- Producción de materia seca
- Análise do solo
- Se vai fraccionarse a aplicación da fertilización
- Fertilizante mineral complementario á cantidade de xurro aplicada (opcional)
- Técnicas e condicións de aplicación do xurro para cuantificar as perdas por volatilización do nitróxeno amoniacal. ▶▶

BASF
We create chemistry

Vizura®
Aumente el valor de su purín

▶ OS CONTIDOS DE NUTRIENTES DUN XURRO PODEN EXTRAPOLARSE A PARTIR DOS VALORES MEDIOS DUN NÚMERO ELEVADO DE MOSTRAS, PERO É MELLOR CARACTERIZALO EN CADA EXPLOTACIÓN NOS MOMENTOS DA SÚA APLICACIÓN

Composición química do xurro

Os contidos de nutrientes dun xurro poden extrapolarse a partir dos valores medios dun número elevado de mostras, pero é mellor caracterizalo en cada explotación nos momentos da súa aplicación, pois o contido en nutrientes do mesmo presenta variabilidade entre sistemas de alimentación (Báez *et al.*, 2023) e dunhas explotacións a outras (Castro, 2000).

A caracterización da composición química para coñecer o contido en nutrientes pode facerse mediante unha análise no laboratorio ou mediante unha estimación a partir de medidas indirectas (densidade e/ou condutividade). As medidas indirectas presentan a vantaxe de facer estimacións en tempo real e in situ, sen apenas procesado de mostras, dun xeito rápido, suprimindo o tempo que pasa dende a recollida da mostra para análise en laboratorio ata a entrega do resultado analítico ao gandeiro.

A aplicación permítenos catro opcións (A, B, C e D) para introducir o contido en nutrientes do xurro.

A) Considerar un valor medio de nutrientes no xurro

Pódese seleccionar un valor medio de contido en nutrientes do xurro de vacún de leite, obtido a partir de 255 mostras de explotacións galegas analizadas nos últimos anos no Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo e un valor medio de contido en nutrientes do xurro de porcino de ceba ou xurro de porcino de xestación-lactación-transición, obtidos a partir de 22 e 12 mostras, respectivamente (táboa 1).

Para un xurro de vacún medio, se se aplica 10 m³ de xurro, estanse aplicando 33 kg de N, 14 kg de P₂O₅ e 38 kg de K₂O, o que sería equivalente á aplicación duns 225 kg dun fertilizante complexo 14-7-17.

B) Introducir a análise do xurro

A análise do xurro farase nun laboratorio e solicitarase a realización das seguintes analíticas: pH, % de materia seca, nitróxeno, nitróxeno amoniacal (% sobre materia seca) –no caso que o laboratorio non faga esta análise o programa o estima seleccionando o tipo de xurro–, fósforo (% sobre materia seca), potasio (% sobre materia seca) e densidade (kg/l).

Se non se ten o valor da densidade, o programa suxire empregar para o xurro de vacún o valor medio de 1,14 kg/l, para o xurro de porcino de ceba: 1,02 kg/l e para o xurro de porcino de xestación-lactación-transición: 1,008 kg/l. Unha vez que se teñan estes datos, introdúcense os seus valores

no programa, na pestana “Análise xurro”.

A mostra de xurro para análise química debe tomarse da fosa, remexendo previamente o xurro ou da cisterna. A cantidade de mostra estará ao redor do litro, o envase será de plástico e non se encherá na súa totalidade. O almacenaxe antes de enviala ao laboratorio será en lugar fresco e durante non máis de tres días.

Para ver as necesidades de fertilización cun xurro de vacún de carne só se ten a opción de introducir a análise de laboratorio.

C) Estimar a composición do xurro a partir da densidade

A densidade do xurro relaciónase coa súa materia seca e coa súa composición química (García *et al.*, 2015). Na pestana “Densidade xurro” seleccionamos o tipo de xurro: vacún ou porcino e introducimos o valor da densidade (kg/l) e a aplicación estima os contidos en nutrientes. ▶▶

Táboa 1. Contido medio de nutrientes e o valor fertilizante dos xurros en Galicia

	Xurro vacún leite	Xurro porcino ceba	Xurro porcino xest-lact-trans
% Materia seca	7,83	4,83	2,06
% N total (% sobre m.s.)	3,72	8,73	12,03
% N amoniacal (% sobre m.s.)	1,77	4,78	7,13
% P total (% sobre m.s.)	0,69	2,31	2,47
% K total (% sobre m.s.)	3,58	4,83	6,86
Densidade (kg/l)	1,14	1,02	1,008
Kg N / m ³ xurro	3,32	4,30	2,50
kg N amoniacal/m ³ xurro	1,58	2,35	1,48
kg de P ₂ O ₅ /m ³ xurro	1,41	2,61	1,17
kg de K ₂ O/m ³ xurro	3,83	2,86	1,71



El fertilizante **para maíz** **DE ÚLTIMA GENERACIÓN**

¿Por qué elegir Protech® by Agroland?

- Tecnología de última generación para mayor eficiencia y rendimiento.
- Fórmulas exclusivas con la mayor concentración NPK del mercado: **26.9.10** y **24.10.6**
- Menor impacto ambiental.
- Fácil de aplicar y compatible con múltiples tipos de abonadoras.
- Opción de DMPP para retardar la liberación del nitrógeno.



máxima eficiencia
EN CULTIVOS DE MAÍZ



www.aresa-agricola.com



@aresagrupo



@aresagrupo



Para más información, contacta con tu distribuidor Agroland más cercano.

Táboa 2. Necesidades de nutrientes do millo forraxeiro

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
kg/t materia seca	12	6	14

Táboa 3. Niveis de fertilidade do solo segundo contidos en fósforo e potasio

Nivel no solo	Fósforo (P) ¹	Potasio (K) ²
	ppm	ppm
Moi baixo	0-5	0-60
Baixo	6-15	61-120
Medio	16-25	121-240
Alto	26-45	241-400
Moi alto	>45	>400

¹Método Olsen (extracción en CO₃HNa); ² extracción en NO₃NH₄ ou CH₃COONH₄

► A MOSTRA DE XURRO PARA ANÁLISE QUÍMICA DEBE TOMARSE DA FOSA, REMEXENDO PREVIAMENTE O XURRO OU DA CISTERNA. A CANTIDADE DE MOSTRA ESTARÁ AO REDOR DO LITRO, O ENVASE SERÁ DE PLÁSTICO E NON SE ENCHERÁ NA SÚA TOTALIDADE

A toma de mostras será igual que para a análise en laboratorio e despois depositase o xurro recollido nunha probeta ou nun caldeiro coa suficiente profundidade, reméxese e introdúcese un densímetro, facendo a lectura aos cinco minutos.

D) *Estimar a composición do xurro a partir da condutividade e a densidade*

Unha estimación máis precisa da composición química do xurro de vacún de leite faise a partir da medida da condutividade (mS/cm) e a densidade (kg/l) (García *et al.*, 2015; García *et al.*, 2018), o que mellora notablemente, respecto a ter en consideración só a densidade, a estimación dos contidos de nitróxeno e potasio e lixeiramente a estimación dos contidos de fósforo.

Para determinar a condutividade (mS/cm) reméxese previamente o xurro e tómase unha mostra de 100 ml da cisterna ou da fosa que se introduce nunha probeta de 1000 ml de capacidade que logo se enche con auga ata os 1000 ml. Reméxese e, cun condutímetro (previamente calibrado), mídese a condutividade eléctrica introducindo directamente no xurro diluído.

A determinación da densidade faise como o indicado no apartado anterior.

Para que o programa estime os contidos de nutrientes do xurro só é necesario na pestana “Condutividade e densidade xurro” elixir o tipo de xurro: vacún ou porcino, e introducir os valores da condutividade do xurro diluído 1:10 (mS/cm) e da densidade (kg/l).

Produción de materia seca

Un cultivo extrae do solo unhas cantidades de nitróxeno (N), fósforo (P₂O₅) e potasio (K₂O). Estas cantidades deben poñerse a disposición do cultivo (fertilización de mantemento), incrementándose para producións altas ou diminuindo para producións baixas.

A aplicación permite introducir a produción de materia seca esperada (t/ha) nunha parcela da cal o comportamento produtivo sexa coñecido polo agricultor. De non introducir ningún valor o programa toma o valor de 15 t/ha.

Para unha produción estimada de 15 t/ha de materia seca de millo, tendo en conta o que extrae o cultivo por tonelada de materia seca (táboa 2), deben aplicarse sobre 180 kg/ha de N, 90 kg/ha de P₂O₅ para un solo con nivel de fertilidade medio de fósforo

e 210 kg/ha de K₂O para un solo cun nivel de fertilidade medio de potasio.

Análise do solo

Cando se fai unha análise de fertilidade de solo, hai dúas determinacións básicas, que son os contidos de fósforo (P) e de potasio (K), expresados en partes por millón (ppm), datos que nos pide o programa.

Tendo en conta estas dúas determinacións (táboa 3), temos solos ricos, onde o nivel elevado de nutrientes permite economizar fertilizantes; solos pobres, onde, á parte da fertilización de mantemento para achegar as extraccións que realiza a colleita, é necesario facer unha fertilización de corrección para ir incrementando o nivel de nutrientes ata os dun solo medio, e solos de riqueza media, onde non é necesario facer a fertilización de corrección para elevar as reservas dos solos, pero si a fertilización de mantemento.

Un solo cun nivel medio debe alcanzar as 16 ppm de P e as 121 ppm de K. O nivel de riqueza do solo en fósforo e potasio é tido en conta polo programa para incrementar ou reducir as achegas destes nutrientes respecto das extraccións que realiza o millo forraxeiro. ►

OS PRODUTOS GALICAL FAVORECEN O RENDEMENTO DO MILLO



EN VÍDEO



Para reducir o efecto limitante do pH e controlar o aluminio nas terras de cultivo é recomendable aplicar emendas calcarias ou magnésicas.
O millo esixe un pH de entre 6 e 7.

• **EMENDA CALCARIA, CAL VIVO GRANULADO (90 % CaO)**
Alta porcentaxe en calcio. Valor neutralizante: 90 %

• **EMENDA CALCARIA, CAL VIVO GRANULADO DOLOMITICO (35 % MgO / 60 % CaO)**
Alta porcentaxe de magnesio. Valor neutralizante: 95 %

• **EMENDA CALCARIA, CAL VIVO (80 % CaO)**
Gran poder de neutralización. Valor neutralizante: 80 %

• **EMENDA CALCARIA, CAL APAGADO (65 % CaO)**
Potencia o rendemento agrícola. De fácil asimilación. Valor neutralizante: 65 %

• **EMENDA CALCARIA, CAL APAGADO + DOLOMÍA (53% CaO / 23% MgO)**
Achega magnesio. Favorece a actividade clorofílica da planta. Valor neutralizante: 83 %

• **EMENDA CALCARIA, CARBONATO CÁLCICO (56 % CaO)**
Para terra e camas hixiénicas. Eficaz na redución de mamites ambientais e dermatites. Apropiado para a produción de todo tipo de pensos. Valor neutralizante: 56 %

• **EMENDA CALCARIA DE CARBONATO CÁLCICO MAGNÉSICO, GALIMAG (33 % CaO / 17 % MgO)**
Achega magnesio. Valor neutralizante: 60 %

• **EMENDA CALCARIA, GRANICAL G60 SUPRA (54 % CaO / 1 % MgO)**
Fácil aplicación e asimilación. Valor neutralizante: 56 %

• **EMENDA CALCARIA, GRANICAL G60 PLUS (47,35 % CaO / 6 % MgO)**
Fácil aplicación e asimilación con achega de magnesio. Valor neutralizante: 59 %



Estendido regulado por GPS
Transporte a calquera punto de España e Portugal

GALICAL SL
CALES E DOLOMIAS AGRÍCOLAS



R/ Gallastegui Unamuno.
Vial G - N.º 7
Polígono Industrial As Gándaras
27003 Lugo

Tfno.: 982 22 14 84
E-mail: info@galical.es
Web: www.galical.es

@Galical

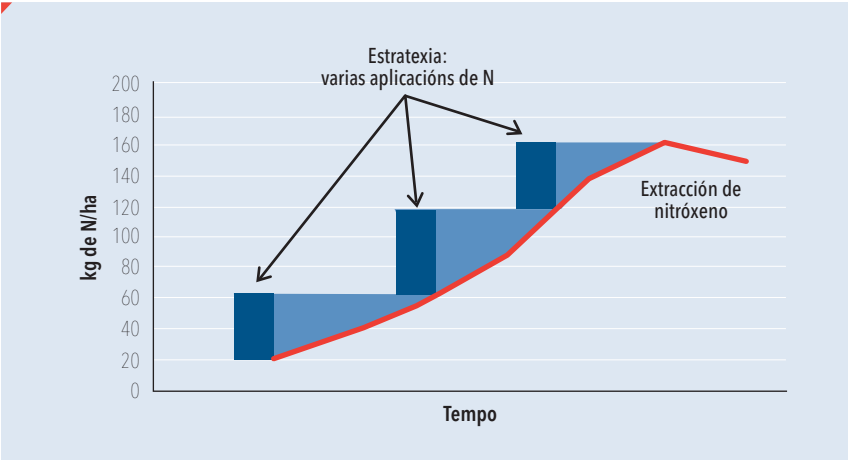
► DURANTE O CULTIVO DEBEMOS POÑER O NITRÓXENO A DISPOSICIÓN DA PLANTA CANDO O NECESITA

Táboa 4. Acidez e doses recomendadas de encalante dun 100 % de pureza

Nivel	% aluminio	kg/ha de calcaria (CaCO ₃)	Kg/ha de óxido de calcio (CaO)
Moi ácido	>= 60	4.500	2.500
Ácido	41-60	3.500	2.000
Medio	21-40	2.100	1.200
Pouco ácido	10-20	1.400	800
	5-10	700	400
Óptimo	0	0	0

¹% de Aluminio (Al⁺⁺⁺) no complexo de cambio

Figura 2. Fraccionamento da aplicación de nitróxeno para mellorar a eficiencia da fertilización



Fonte: Lammell, 2005

Outro parámetro importante da fertilidade dos solos galegos é a porcentaxe de saturación de aluminio, que nos indicará se é necesario ou non encalar (táboa 4). O coñecer as necesidades de encalado é de moita importancia, xa que os fertilizantes non serán ben aproveitados polo millo forraxeiro se non se corrixe a acidez do solo. Este labor de baixo custo é fundamental dada a súa elevada repercusión nos rendementos produtivos.

A introdución da porcentaxe de saturación de aluminio (%Al) nas aplicacións permítenos obter a recomendación con calcaria (CaCO₃) cun 100 % de riqueza, pero recoméndase utilizar a aplicación REN de “Recomendación de Encalado”, que permite coñecer a cantidade dun material encalante concreto necesario para corrixir a acidez do solo (García *et al.*, 2014).

Momento de aplicación e fraccionamento da fertilización

Para mellorar a utilización do nitróxeno convén diminuír ao mínimo as perdas por lixiviación dos nitratos; así, se é posible dende un punto de vista práctico, deben evitarse aplicacións a finais de outono e no inverno (período de precipitacións elevadas), posto que a choiva pode lavar o nitróxeno antes de ser asimilado polo millo.

Estas perdas redúcense ao mínimo aproximando a aplicación do fertilizante mineral ou do xurro á sementeira. O atraso das aplicacións de xurro para o millo forraxeiro a finais de inverno, comezo da primavera incrementará a utilización do nitróxeno.

Durante o cultivo é moi importante o fraccionamento da aplicación do nitróxeno. Poñer a disposición da planta o nitróxeno a medida que o necesita incrementa o seu aproveitamento e diminúe as perdas por lixiviación durante períodos de choiva (figura 2).

Para o millo forraxeiro o nitróxeno convén distribuílo en dúas metades, un 40 % en fondo e un 60 % en cobertoira co fin de adaptarse aos requirimentos do cultivo ao longo do seu desenvolvemento, aínda que o xurro pode aplicarse todo en fondo, pois é un fertilizante orgánico cunha liberación progresiva do nitróxeno ao longo do tempo. Existen tamén no mercado fertilizantes de liberación lenta ou con inhibidores da nitrificación que alongan o período de liberación do nitróxeno.

Na aplicación RAX pódese elixir entre facer unha aplicación en presemteira ou facer dous aplicacións: unha en presemteira, que pode ser con xurro ou fertilizante mineral (neste caso no apartado cantidade de xurro a aplicar introduciremos o valor de 0 m³/ha), e outra aplicación dun nitróxeno en cobertoira, cando o millo estea no estado V6 de 6 follas completamente desenvolvidas, que se corresponde cunha altura da planta duns 30 cm.

O nitróxeno mineral en fondo e en cobertoira convén que teña parte en forma nítrica e parte en forma amoniacal, para que o seu efecto sexa en parte de acción inmediata e en parte máis lento.

Nos últimos anos estanse implantando nas explotacións os aplicadores de xurro con tubos colgantes para o seu uso nas pradeiras. Algúns destes aplicadores poden utilizarse tamén para aplicar o xurro en cobertoira do millo forraxeiro facendo adaptacións na maquinaria ou no entreliñado do cultivo.

► O NIVEL DE RIQUEZA DO SOLO EN FÓSFORO E POTASIO É TIDO EN CONTA POLO PROGRAMA PARA INCREMENTAR OU REDUCIR AS ACHEGAS DESTES NUTRIENTES RESPECTO ÁS EXTRACCIÓNS QUE REALIZA O MILLO FORRAXEIRO

Na ferramenta RAX, para dúas aplicacións de fertilizantes orgánicos, recoméndase para a presemteira e a cobertura facer os cálculos para a metade da produción esperada e introducir o valor analítico do fertilizante orgánico dispoñible para cada momento. Hai que ter en conta que na presemteira nun solo de fertilidade media recoméndase como mínimo achegar o 40 % do nitróxeno, o 55 % do potasio e o 25 % do fósforo das necesidades totais do cultivo.

Fertilizante mineral complementario á cantidade de xurro aplicada

A aplicación permite establecer os metros cúbicos por hectárea de xurro que queremos aplicar. Hai tres opcións:

1. Non cubrir a dose e o programa toma o valor de 50 m³/ha.
2. Cubrir a dose previamente á recomendación que vai obterse.
3. Cubrir a dose posteriormente aos cálculos obtidos, para axustala á recomendación obtida.

O programa, despois, calcula as unidades fertilizantes complementarias ás aplicadas co xurro para cubrir todas as necesidades do millo, permitindo tamén elixir entre diferentes fertilizantes para satisfacer as necesidades pendentes en nitróxeno, fósforo ou potasio. En función do tipo de fertilizante pódese elixir o nutriente que se quere achegar na súa totalidade: N, P₂O₅ ou K₂O e o programa posteriormente indicará se quedan pendentes de satisfacer as necesidades dalgúns deles. Ao igual que no caso do xurro, pódese elixir o fertilizante a posteriori para adaptalo ao equilibrio entre nutrientes obtido na recomendación. Tamén se ten a opción "Sen fertilizante mineral (0-0-0)".

Técnicas e condicións de aplicación dos xurros. Perdas do nitróxeno amoniacal

O ciclo do nitróxeno e as perdas ao medio ambiente

Ao contrario do que pasa co fósforo e potasio, a fertilización nitrogenada ►

Samson TG24 Cubas de purín

- Calidad, alto rendimiento y fiabilidad
- Aplicación eficiente y precisa de purines
- Mínimo mantenimiento
- Configuración adaptable a las necesidades del cliente
- Sistema de carga vía Ejector
- Alta velocidad de carga (6 m³ de estiércol/min)
- Sin pérdida de potencia al tiempo de trabajo
- Bomba centrífuga de descarga de alta potencia (10 m³/min)
- Paso de rueda con guardabarros
- Tratamiento Epoxi dentro de la cuba



POTTINGER
McHale

EM
EUROMILK

SAMSON
PICHON

MASTEK
DCM
SPREADERS

DURAN
MAQUINARIA

Tel. +34 982 227 165
www.duranmaquinaria.com



► PARA MELLORAR A UTILIZACIÓN DO NITRÓXENO CONVÉN DIMINUÍR DOS NITRATOS, APROXIMANDO A APLICACIÓN DO FERTILIZANTE Á SEMEITEIRA



Na aplicación dos xurros o uso de técnicas de baixa emisión é o máis efectivo para reducir a volatilización do amoníaco

non ten un efecto acumulativo no solo ao longo dos anos, aínda que poden encontrarse niveis altos de nitróxeno no solo ao inicio dun cultivo cando previamente se cultiva unha leguminosa ou cando se incorpora ao terreo un cultivo como fertilizante verde.

Polo tanto, para realizar a fertilización nitroxenada débense achegar as extraccións que realiza a colleita e facer un balance tendo en conta, ademais, as ganancias por mineralización do nitróxeno a partir da materia orgánica do solo..., e as posibles perdas por lixiviación de nitratos (NO_3^-), desnitrificación con emisións de óxido nítrico (N_2O) e volatilización de amoníaco (NH_3). Polo xeral, estas ganancias e perdas son de difícil cuantificación dependendo moito das condicións edafoclimáticas e do manexo.

Se aplicamos o fertilizante nitroxenado no momento correcto (ver apartado “Momento de aplicación”), e tendo en conta que nos meses de cultivo non chove moito, as perdas por lixiviación son pequenas. Estas perdas, xunto ás producidas pola desnitrificación, pódense considerar que son compensadas co nitróxeno mineralizado a partir da materia orgánica do solo. O que si debemos cuantificar á hora de facer un plan de fertilización no millo forraxeiro son as perdas pola volatilización do amoníaco (NH_3) cara á atmosfera, pois poden ser importantes no caso de fertilizar con fertilizantes ureicos e/ou con xurros.

As perdas deben minimizarse o máximo posible pois afectan ao

medio ambiente. Os nitratos lixivian dos van cara ás augas contribuindo xunto co fósforo á eutrofización.

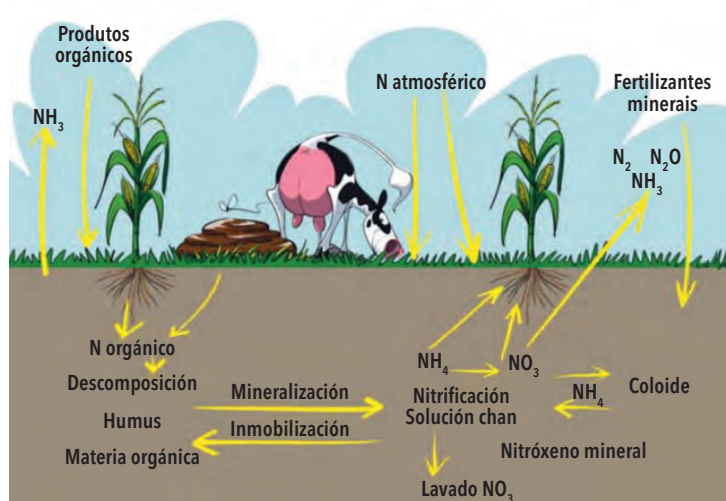
O óxido nítrico (N_2O) é un gas efecto invernadoiro que contribúe ao cambio climático. O amoníaco combínase con outros ións na atmosfera formando partículas ácidas nocivas para o sistema respiratorio das persoas ou dos animais e provocando acidificación dos solos ao ser arrastradas polo aire e depositarse posteriormente. Por outra banda, ese nitróxeno depositado transfórmase unha parte no gas efecto invernadoiro N_2O e nos ecosistemas naturais afecta á competencia entre as plantas presentes e favorece a invasión de novas especies.

A volatilización de amoníaco nas explotacións gandeiras

A agricultura é a actividade que máis contribúe ás emisións de amoníaco cara á atmosfera, cun 94 % da emisión global (Steinfeld *et al.*, 2009). En España a emisión do sector agrogandeiro supón o 97 %, sendo a gandería a responsable da maior parte das emisións. Así, os animais estabulados emiten amoníaco xerado a partir das excrecións durante o seu almacenamento, manexo e tratamento (47 %), coas aplicación ao campo (26 %) e durante o depósito no pastoreo dos animais (8 %).

A emisión pola aplicación de fertilizantes nitroxenados minerais, ►

Figura 3. Ciclo do nitróxeno



Fonte: Camino *et al.*, 2014

PIONEROS POR NATURALEZA

D-CODER TOP



Mayor eficiencia de las unidades NPK.
Disminución de pérdidas.
Multiplicación de la actividad rizosférica.
Mayor producción y calidad del cultivo.

CALCIMER



Óptima corrección del pH.
Mejor estructura del suelo.
Activación de la vida microbiana.
Mayor disponibilidad y absorción de nutrientes.



www.es.timacagro.com

✉ timacagro@timacagro.es
☎ 948 324 500



Timac AGRO
PIONEROS POR NATURALEZA



▶ PARA REALIZAR A FERTILIZACIÓN NITROXENADA DÉBENSE ACHEGAR AS EXTRACCIÓNS QUE REALIZA A COLLEITA E FACER UN BALANCE TENDO EN CONTA, ADEMAIS, AS GANANCIAS E AS POSIBLES PERDAS

fundamentalmente a urea, supón o 15 %. O sector do gando vacún emite un 26% do total (MITECO, 2023).

Polo tanto, a aplicación dos xurros e esterco aos campos contribúe ao redor do 34 % ás emisións totais de NH_3 . A redución destas emisións é moi importante, así como a súa cuantificación, pois unha estimación destas perdas por debaixo do seu valor real leva a unha subfertilización e ao contrario, unha estimación por encima do seu valor real leva a unha sobrefertilización nitroxenada.

As normativas para evitar a contaminación por amoníaco no sector do gando vacún

A necesidade de conseguir modelos de produción sostíbeis onde se conxugue a competitividade económica e as boas prácticas que minimizan o impacto das actividades agrarias sobre a calidade dos recursos naturais (auga, aire e solo) e que permitan obter produtos con maiores garantías para a saúde é unha demanda social que obriga á UE a establecer unha serie de normativas.

Así, co obxectivo de reducir os impactos do amoníaco, desenvolveuse a nivel nacional a seguinte lexislación:

- **Real Decreto 818/2018, do 16 de xullo**, sobre medidas para a redución das emisións nacionais de determinados contaminantes atmosféricos. Establece o compromiso de reducir as emisións para o ano 2030 respecto ás do ano 2005 nun mínimo do 16 %. A raíz deste Real Decreto realizouse o I Programa Nacional

de Control da Contaminación Atmosférica (ano 2019), que recollía as medidas para controlar as emisións de NH_3 en todos os sectores. As medidas no sector agrogandeiro que afectan ás explotacións de gando vacún foron desenvolvidas nos dous seguintes reais decretos.

- **Real Decreto 1053/2022, do 27 de decembro**, polo que se establecen normas básicas de ordenación das granxas bovinas. Establece que é obrigatoria a redución de emisións nalgúns explotacións bovinas que non teñan a condición de explotación extensiva: nas novas do grupo III (de 180 ata 850 UGM inclusive cun incremento ata un 10 %) e tanto nas novas como nas existentes do grupo IV (> 850 UGM na data de entrada en vigor do Real Decreto). Estas explotacións deberán adoitir técnicas para mitigar as emisións de amoníaco nos ámbitos de alimentación e dieta dos animais, instalacións de aloxamento de animais e durante o almacenamento do xurro.

- **Real Decreto 1051/2022, do 27 de decembro**, polo que se establecen normas para a nutrición sostíbeis nos solos agrarios. Entre os seus obxectivos están unha achega sostíbeis de nutrientes e a redución das emisións de gases efecto invernadoiro e outros gases contaminantes como o amoníaco. Para a redución das emisións de amoníaco na aplicación dos xurros obriga ao emprego

de sistemas de banda ou inxección e prohibese a aplicación do xurro con prato exceptuando zonas con pendentes superiores ao 10% nas que tras a aplicación con prato é obrigatorio empregar polo menos algunha medida de mitigación como pode ser, a incorporación, o uso no xurro de inhibidores da ureasa/nitrificación ou a acidificación. Cando se utilice urea ou solucións nitroxenadas ureicas é obrigatorio empregar algunha medida de mitigación como pode ser incorporala tras a súa aplicación, con labra ou auga de rego, utilización de inhibidores da ureasa ou recubrimento con polímeros.

O contido de nitróxeno amoniacal nos xurros e a súa volatilización segundo as técnicas e condicións de aplicación

O nitróxeno amoniacal representa aproximadamente un 48 %, 55 % e 59 % do nitróxeno total presente nos xurros de vacún de leite, de porcino de ceba ou de xestación-lactación-transición, respectivamente (táboa 1).

As emisións de NH_3 coas aplicacións do xurro dependen da composición deste, das condicións do solo e das condicións climáticas no momento da aplicación. Os factores que máis afectan ás emisións son a concentración total de N amoniacal, a materia seca do xurro, a velocidade de infiltración no solo e algúns parámetros meteorolóxicos: temperatura do aire, radiación, velocidade do vento e choiva (Sommer e Hutchings, 2001). ▶▶

seguro
de

Va cu no

de reproducción
y producción

Incluye saneamiento ganadero.

Asegure la calidad de su leche

(células somáticas, aflatoxinas...).

agroseguro

PARA SUSCRIBIR SU SEGURO, DIRÍJASE A: • CAJA DE SEGUROS REUNIDOS (CASER) • MAPFRE ESPAÑA CÍA. DE SEGUROS Y REASEGUROS • AGROPELAYO SOCIEDAD DE SEGUROS S.A. • SEGUROS GENERALES RURAL • ALLIANZ, COMPAÑÍA DE SEGUROS • PLUS ULTRA SEGUROS • HELVETIA CÍA SUIZA, S.A. • CAJAMAR SEGUROS GENERALES S.A. • MUTUA ARROCERA, MUTUA DE SEGUROS • GENERALI DE ESPAÑA, S.A. SEGUROS • SEGUROS CATALANA OCCIDENTE • MUSSAP, MUTUA DE SEGUROS • FIATC, MUTUA DE SEGUROS Y REASEGUROS • SANTA LUCÍA S.A. CÍA DE SEGUROS • REALE SEGUROS GENERALES • AXA SEGUROS GENERALES • MGS SEGUROS Y REASEGUROS S.A.



► O MÁIS EFECTIVO PARA REDUCIR AS PERDAS POR VOLATILIZACIÓN DE AMONIACO É O USO DE TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE BAIXA EMISIÓN, COMO SON A INCORPORACIÓN, OS TUBOS COLGANTES OU A INXECCIÓN

O máis efectivo para reducir estas perdas é o uso de técnicas de aplicación de baixa emisión, como son a incorporación, os tubos colgantes ou a inxección (Sommer e Hutchings, 2001; Sanz Cobena *et al.*, 2014).

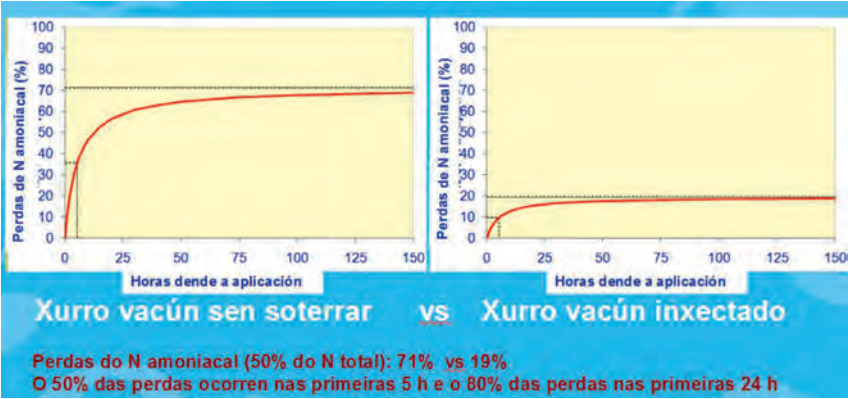
Se non se utilizan estas técnicas, pódese volatilizar a totalidade do nitróxeno amoniacal. O 50 % das perdas de amoníaco acontece dentro das 4-12 horas despois da aplicación dos xurros; a incorporación con grades pode diminuír as perdas arredor do 80 % e a inxección en profundidade na súa totalidade (Oenema *et al.*, 2008).

Na táboa 5 temos a eficiencia de utilización do nitróxeno en función das técnicas e condicións de aplicación (García *et al.*, 2010). Canto maior sexa a eficiencia (valor entre 0 e 1) menor cantidade de xurro necesitaremos para satisfacer as necesidades de nitróxeno do cultivo.

En Europa desenvolveuse un modelo o Alfam2-Model (Hafner *et al.*, 2019) para calcular a volatilización do nitróxeno amoniacal tras a aplicación dos xurros.

Na figura 4 móstrase unha simulación con este modelo da volatilización de nitróxeno amoniacal segundo a técnica de aplicación. O modelo ten unha versión Excel v2.3 (<https://projects.au.dk/alfam>) e considera os seguintes factores: tipo de xurro (vacún, porcino ou outros), nitróxeno amoniacal (kg/t), materia seca (%) e pH do xurro, dose (t/ha) e método de aplicación (prato ou abano, tubos colgantes, tubos colgantes con patíns, inxector con discos ou cultivadores), así como

Figura 4. Simulación da volatilización de nitróxeno amoniacal para unhas condicións meteorolóxicas medias para xurro de vacún sen soterrar e inxectado



Táboa 5. Eficiencia de utilización do nitróxeno do xurro, en función das técnicas e condicións de aplicación

Técnica de aplicación	Momento	Condicións de aplicación		
		Óptimas(*)	Regulares	Malas(**)
Cobertoira	Finais de inverno	0,7	0,6	0,6
	Primavera	0,5	0,5	0,4
	Outono	0,4	0,3	0,3
Enterrado	Inmediatamente/Inxección	0,9	0,8	0,7
	Menos de 4 horas	0,8	0,7	0,6
	O mesmo día	0,7	0,6	0,5

(*) Condicións óptimas:
- Elevada humidade relativa do aire: orballo, ao amencer ou ao atardecer
- Vento en calma
- Baixas temperaturas

(**) Condicións malas:
- Tempo seco, mediodía
- Forte vento
- Altas temperaturas

as condicións ambientais nas 24 horas seguintes á aplicación: as temperaturas máxima e mínima do aire (°C), a velocidade do vento (m/s) e a choiva (mm/h). No caso de aplicación con prato ou abano pódese elixir o tipo de incorporación (ningunha, superficial de 5 a 10 cm ou profunda de 15 a 20 cm) e o tempo que transcorre entre a aplicación e a incorporación.

A cuantificación da volatilización do nitróxeno amoniacal nas aplicacións RAX

Por conseguinte, un factor moi importante que debemos ter en conta para mellorar o aproveitamento do nitróxeno é o uso de técnicas de aplicación do xurro de baixa emisión (incorporación, tubos colgantes ou inxección), que diminúen as perdas do nitróxeno amoniacal cara á atmosfera e por conseguinte a contaminación. Estas técnicas recóllense nas aplicacións RAX

e, segundo a técnica utilizada, o programa permítenos coñecer a mellora da eficiencia na utilización do nitróxeno. Así mesmo, nas recomendacións de fertilización obtidas coas aplicacións RAX as perdas por volatilización do nitróxeno amoniacal son compensadas cunha maior achega de nitróxeno para non diminuír nin a produción nin a calidade.

A eficiencia na utilización do nitróxeno pódese calcular de dous xeitos diferentes, o cálculo estándar a partir da táboa 4 ou o cálculo co modelo Alfam2.

- A) Cálculo estándar da eficiencia na aplicación do nitróxeno (figura 5). No programa podemos elixir:
- Aplicación en cobertoira e, neste caso, a época de aplicación (primavera, finais de inverno ou outono) e as condicións de aplicación (óptimas, regulares e malas).
 - Aplicación con enterrado e, neste caso, condicións de ►

EL ABONADO RENTABLE Y EFICAZ DE CULTIVOS FORRAJEROS

ENTE[®]

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

► NAS RECOMENDACIÓNS DE FERTILIZACIÓN OBTIDAS COAS APLICACIÓNS RAX, AS PERDAS POR VOLATILIZACIÓN DE AMONÍACO SON COMPENSADAS CUNHA MAIOR ACHEGA DE NITRÓXENO PARA NON DIMINUÍR NIN A PRODUCCIÓN NIN A CALIDADE

Figura 6. Pantalla de introdución de datos para o cálculo da eficiencia na aplicación do nitróxeno co modelo Alfam2

Figura 5. Pantalla de introdución de datos para o cálculo da eficiencia na aplicación do nitróxeno segundo táboa estándar

aplicación (óptimas, regulares e malas) e momento: enterrado inmediatamente, en menos de 4 horas (incorporación dentro das 4 horas despois da aplicación do xurro) ou no mesmo día (incorporación dentro das 12 horas despois da aplicación do xurro).

B) Cálculo co modelo Alfam2 da eficiencia na aplicación do nitróxeno (figura 6).

Cómpre seleccionar opcións para método de aplicación, tipo de xurro e incorporación no caso de aplicación con prato ou abano e introducir os seguintes valores: pH do xurro, condicións ambientais nas 24 h seguintes á aplicación: temperatura mínima do aire (°C), temperatura máxima do aire (°C), velocidade do

vento (km/h) e choiva (mm/día) e o tempo ata incorporación (h), que é o tempo que transcorre entre a aplicación con prato ou abano e a incorporación.

Os valores de nitróxeno amoniacal (kg/t), materia seca do xurro (%) cólleos dos valores da composición química do xurro e a dose de aplicación (t/ha) do valor establecido na recomendación.

No caso de non ter algúns valores o programa suxire introducir o valor de referencia correspondente: pH 7.5, 13 °C, 10 km/h e 0 mm/día.

DATOS DE SAÍDA DO PROGRAMA

Unha vez introducidos os datos indicados anteriormente, a aplicación mostra unha saída de datos, que pode imprimirse ou gardarse:

- O valor fertilizante de 1 m³ de xurro, expresado en unidades fertilizantes de nitróxeno (kg de N), de fósforo (kg de P₂O₅) e de potasio (kg de K₂O).
- A equivalencia de 10 m³ do xurro en fertilizantes simples.
- Análise de terra: valores introducidos polo usuario.
- A recomendación de encalado en t/ha de calcaria cun 100 % de riqueza. Para outras riquezas ou materiais encalantes pode utilizarse a aplicación REN.

- O momento de aplicación da fertilización e o número de aplicacións:

- Unha soa aplicación en presementeira (NPK).
- Unha aplicación en presementeira (NPK) máis unha en cobertura (N).

- As cantidades de xurro necesario para satisfacer as necesidades do millo forraxeiro en nitróxeno (N), fósforo (P) e potasio (K) expresadas como m³ de xurro/ha.

- As unidades fertilizantes de nitróxeno (kg/ha de N), de fósforo (kg/ha de P₂O₅) e de potasio (kg/ha de K₂O) que faltarían por achegar ao millo cando se aplica a dose de xurro que se seleccionou previamente, pero convén modificar a dose en función dos resultados do apartado anterior.

- Necesidades que quedarían por satisfacer tras complementar a aplicación do xurro coa aplicación dun determinado fertilizante. Este fertilizante pode seleccionarse ao principio indicando o nutriente que se quere achegar na súa totalidade, pero convén modificalo en función dos resultados do apartado anterior, para que os valores se aproximen a 0.

► O PROGRAMA PERMITE FACER NO MILLO FORRAXEIRO UNHA BOA XESTIÓN DOS XURROS ACUMULADOS NO INVERNO NA FOSA, COAS SUBSEGUINTE MELLORAS AMBIENTAIS E ECONÓMICAS PARA A EXPLOTACIÓN

CONCLUSIÓNS

- O cultivo do millo forraxeiro para ensilado e consumo polas vacas de leite no norte de España incrementouse nos últimos anos cunha maior presenza a medida que se intensifican as explotacións.
- Este cultivo recibe unha gran parte dos xurros acumulados na fosa da explotación nos meses de inverno e unha boa xestión na súa aplicación supón melloras ambientais e económicas.
- A aplicación web RAX de Recomendación de Fertilización con Xurro no millo forraxeiro permite facer unha correcta fertilización do millo forraxeiro con xurros a partir da composición química do xurro, a riqueza en nutrientes do solo e as extraccións de nutrientes do millo. Tamén ten en conta cales son as técnicas e condicións de aplicación que inflúen nas perdas do nitróxeno amoniacal cara á atmosfera en forma de amoníaco, gas contaminante que forma partículas ácidas nocivas para o sistema respiratorio das persoas ou dos animais e que provoca acidificación dos solos.
- Segundo a técnica de aplicación de xurro utilizada, o programa permítenos coñecer a mellora da eficiencia na utilización do nitróxeno e compensar as perdas por volatilización en forma de amoníaco cunha maior achega de nitróxeno para non diminuír nin a produción nin a calidade.

AGRADECEMENTOS

Á Unión Europea, ao Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación (MAPA) e á Xunta de Galicia polo financiamento da acción de cooperación AC2021C-07 “Mellora das aplicacións on-line do CIAM de recomendacións de abonado con xurros (RAX)” e dos proxectos Feader2012/31 e Feader 2007/08, que o CIAM desenvolveu en colaboración coa Cooperativa Agraria Provincial da Coruña. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Báez, M.D.; Santiago, C.; García, M.I. 2023. Nutrient composition and fibre contents of slurry from different feeding systems in NW Spain. Libro de resúmenes del 18th International RAMIRAN Conference, 163. Cambridge (Reino Unido).
- Camino, M.A.; Pérez, F.; Gómez, E.; Barcala, E.D. 2014. Guía de boas prácticas agrícolas, gandeiras e forestais. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela. 127 pp.
- Castro, J. 2000. O manexo do xurro nas explotacións de leite galegas: problemática e planes de manexo do xurro como abono. Curso de residuos agrarios, EGAP.
- García, M.I.; Báez, D.; Castro, J. 2014. Recomendación de encalado nos cultivos forraxeiros. Afriga, 114: 106-114.
- García, M.I.; Báez, D.; Castro, J.; Gilsanz, C. 2015. A aplicación web RAX de recomendación de abonado con xurro no millo forraxeiro. Utilización de métodos rápidos de análise de xurro. Afriga, 115, 132-140.
- García, M.I.; Báez, M.D.; García, V.; Castro, J.; Blanco, J.M.; Fernández, M.; Giménez, M.; Presedo. 2018. Estimación in situ del contenido en nutrientes del purín de porcino por métodos rápidos. Actas de la 57ª Reunión Científica de la Sociedad

Española de Pastos, 84-92. Teruel.

García, M.I.; Castro, J.; Báez, D.; Camba, J.; López, J. 2010. Directrices para fertilizar con xurros o millo forraxeiro. Afriga, 85: 66-73.

Flores-Calvete, G.; Martínez-Fernández, A.; Doltra, J.; García, A. y Eguinoa, P. 2017. Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Informe del Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>

Hafner S.D. *et al.* 2019. A flexible semi-empirical model for estimating ammonia volatilization from field-applied slurry. *Atmospheric Environment*, 199, 474-484.

Lammel, J. 2005. Cost of the different options available to the farmers: current situation and prospects. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, París, Francia.

MAGRAMA. 2022. Anuario de Estadística Agraria.

MITECO. 2023. Inventario Nacional de Emisiones a la Atmosfera. Emisiones de Contaminantes Atmosféricos. Serie 1990-2021.

Oenema, O.; Bannink, A.; Sommer, S.G.; Van Groenigen, J.W.; Velthof, G.L. 2008. Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems. En. *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems and Management*, Ed: Hatfield & Follet, 395-441.

Sanz Cobena *et al.* 2014. Yield-scaled mitigation of ammonia emission from N fertilization: The Spanish case. *Environmental Research Letters*, 9, 12 pp.

Sommer, S.G.; Hutchings, N.J. 2001. Review: Ammonia emission from field applied manure and its reduction- invited paper. *European Journal of Agronomy*, 15, 1-15.

Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M.; De Haan, C. 2009. La Larga Sombra del Ganado. Problemas ambientales y opciones. FAO. 465 pp.