



La aplicación web RAX de recomendación de fertilización con purín en el maíz forrajero y las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco

En este estudio explicamos el funcionamiento de la aplicación RAX en el maíz forrajero, la cual proporciona una recomendación de fertilización de este cereal teniendo en cuenta como fuente principal de nutrientes el reciclaje del purín, una recomendación que puede venir complementada con el uso de fertilizantes minerales.

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

INTRODUCCIÓN

En las explotaciones de ganado vacuno del norte de España la alimentación se basa en el consumo de concentrados comprados y de forrajes producidos en las tierras de la propia explotación. Los forrajes presentes son praderas, prados y pastizales, que son pastoreados o cortados para ensilado, hierba seca o consumo en el establo y maíz forrajero, raigrás italiano o mezclas de cereal o raigrás con leguminosas..., que son cortados para ensilar.

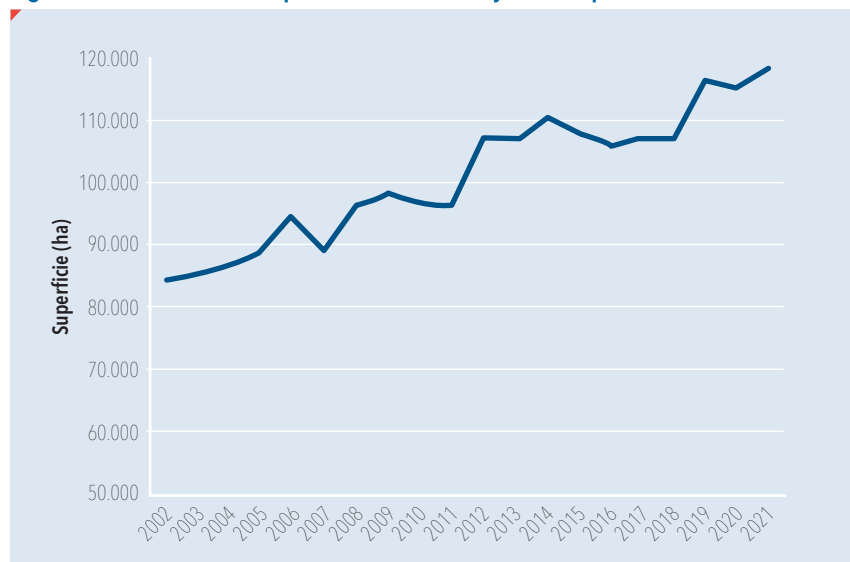
Según un estudio hecho para el norte de España (Gonzalo *et al.*, 2017), el 58,7 % de las explotaciones lecheras sembraban maíz forrajero. De estas, solo el 15,5 % cultivaban maíz sin intercalar ningún cultivo y las rotaciones más frecuentes fueron: maíz-raigrás italiano (53,7 % de las explotaciones), maíz-pradera (20,3 %), maíz-cereal de invierno (5,3 %) y maíz-otros cultivos (6,6 %). El 20,4 % de la SAU estaba ocupada por el maíz forrajero, incrementándose este porcentaje desde el 9,7 %

en las explotaciones con producciones inferiores a 25 t de leche anuales hasta el 44,2 % en las que tenían producciones superiores a las 500 t. El silo de maíz representaba el 13,5 % de la ración media de las vacas de lactación, incrementándose este porcentaje con la intensificación productiva desde el 3,6 % hasta el 30 %.

La superficie de maíz forrajero en España en el año 2021 fue de 118.251 ha, representando la superficie cultivada en el norte (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra) el 74 % del



Figura 1. Evolución de la superficie de maíz forrajero en España. Años 2002-2021



La producción del maíz influye en las cantidades totales de nutrientes extraídos

total, con una superficie en secano de 83.276 ha y en regadío de 4.266 ha (MAGRAMA, 2022). En la figura 1 puede verse el incremento de la superficie en los últimos veinte años.

LAS APLICACIONES WEB RAX

Las aplicaciones web RAX de Recomendación de Fertilización con Purín tienen la gran ventaja de integrar y valorizar los nutrientes producidos en las explotaciones ganaderas de vacuno de leche. En este artículo explicaremos el funcionamiento de la aplicación RAX en el maíz forrajero, que hace una recomendación de fertilización en el maíz considerando como fuente principal de nutrientes a reciclaje del purín, recomendación que puede venir complementada si es necesario con el uso de fertilizantes minerales sintéticos.

Para acceder a la aplicación hay que meterse en la página web del CIAM (www.ciam.gal), en la parte superior derecha presionar sobre “Aplicaciones RAX y REN” y entrar en la aplicación. Una vez que se entra, el primer paso es registrarse; el registro es completamente gratis, y solo tiene como misión conocer a los usuarios conectados y ofrecer un mejor servicio. El nombre de usuario y la contraseña introducidos sirven para el acceso a cualquiera de las aplicaciones RAX y REN.

DATOS DE ENTRADA DEL PROGRAMA

Para realizar una correcta fertilización del maíz forrajero con purines hay que conocer la composición química del purín, la riqueza en nutrientes del suelo, las extracciones de nutrientes del maíz según la producción y el momento de la aplica-

ción. Así mismo, el uso de técnicas y condiciones de aplicación adecuadas mejoran la eficiencia en la utilización del nitrógeno en el purín.

Por todo esto, para obtener la recomendación de fertilización con la aplicación RAX es necesario introducir los siguientes datos:

- Composición química del purín
- Nombre de la parcela
- Producción de materia seca
- Análisis del suelo
- Si va a fraccionarse la aplicación de la fertilización
- Abono mineral complementario a la cantidad de purín aplicada (opcional)
- Técnicas y condiciones de aplicación del purín para cuantificar las pérdidas por volatilización del nitrógeno amoniacal. ▶▶

BASF
We create chemistry

Vizura®
Aumente el valor de su purín

▶ LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES DE UN PURÍN PUEDEN EXTRAPOLARSE A PARTIR DE LOS VALORES MEDIOS DE UN NÚMERO ELEVADO DE MUESTRAS, PERO ES MEJOR CARACTERIZARLO EN CADA EXPLOTACIÓN EN LOS MOMENTOS DE SU APLICACIÓN



Datos de entrada de la aplicación RAX de fertilización de maíz forrajero

Composición química del purín

Los contenidos de nutrientes de un purín pueden extrapolarse a partir de los valores medios de un número elevado de muestras, pero es mejor caracterizarlo en cada explotación en los momentos de su aplicación, pues el contenido en nutrientes presenta variabilidad entre sistemas de alimentación (Báez *et al.*, 2023) y de unas explotaciones a otras (Castro, 2000).

La caracterización de la composición química para conocer el contenido en nutrientes puede hacerse mediante un análisis en el laboratorio o mediante una estimación a partir de medidas indirectas (densidad y/o conductividad). Las medidas indirectas presentan la ventaja de hacer estimaciones en tiempo real e *in situ*, sin apenas procesado de muestras, de una manera rápida, suprimiendo el tiempo que pasa desde la recogida de la muestra para análisis en laboratorio hasta la entrega del resultado analítico al ganadero.

La aplicación nos permite cuatro opciones (A, B, C y D) para introducir el contenido en nutrientes del purín.

A) Considerar un valor medio de nutrientes en el purín

Se puede seleccionar un valor medio de contenido en nutrientes del purín de vacuno de leche, obtenido a partir de 255 muestras de explotaciones gallegas analizadas en los últimos años en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo y un valor medio de contenido en nutrientes del purín de porcino de cebo o purín de porcino

de gestación-lactación-transición, obtenidos a partir de 22 y 12 muestras, respectivamente (tabla 1).

Para un purín de vacuno medio, si se aplican 10 m³ de purín, se están aplicando 33 kg de N, 14 kg de P₂O₅ y 38 kg de K₂O, lo que sería equivalente a la aplicación de unos 225 kg de un fertilizante complejo 14-7-17.

B) Introducir el análisis del purín

El análisis del purín se hará en un laboratorio y se solicitará la realización de las siguientes analíticas: pH, % de materia seca, nitrógeno, nitrógeno amoniacal (% sobre materia seca) –en el caso en que el laboratorio no haga este análisis, el programa lo estima seleccionando el tipo de purín–, fósforo (% sobre materia seca), potasio (% sobre materia seca) y densidad (kg/l). Si no se tiene el valor de la densidad, el programa sugiere emplear para el purín de vacuno el valor medio de 1,14 kg/l, para el purín de porcino de cebo, 1,02 kg/l y para

el purín de porcino gestación-lactación-transición, 1,008 kg/l.

Una vez que se tengan estos datos, se introducen sus valores en el programa, en la pestaña “Análisis purín”.

La muestra de purín para análisis químico debe tomarse de la fosa, removiendo previamente el purín o de la cisterna. La cantidad de muestra estará alrededor del litro, el envase será de plástico y no se llenará en su totalidad. El almacenaje antes de enviarla al laboratorio será en lugar fresco y durante no más de tres días.

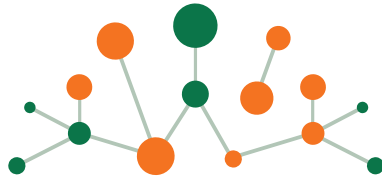
Para ver las necesidades de fertilización con un purín de vacuno de carne solo se tiene la opción de introducir el análisis de laboratorio.

C) Estimar la composición del purín a partir de la densidad

La densidad del purín se relaciona con su materia seca y con su composición química (García *et al.*, 2015). En la pestaña “Densidad purín” seleccionamos el tipo de ▶

Tabla 1. Contenido medio de nutrientes y el valor fertilizante de los purines en Galicia

	Purín vacuno leche	Purín porcino cebo	Purín porcino gest-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
Densidad (kg/l)	1,14	1,02	1,008
Kg N / m ³ purín	3,32	4,30	2,50
kg N amoniacal/m ³ purín	1,58	2,35	1,48
kg de P ₂ O ₅ /m ³ purín	1,41	2,61	1,17
kg de K ₂ O/m ³ purín	3,83	2,86	1,71



PROTECH
BY AGROLAND

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

AGRO
LAND

www.aresa-agricola.com



@aresagrupo



@aresagrupo



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

Tabla 2. Necesidades de nutrientes del maíz forrajero

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

Tabla 3. Niveles de fertilidad del suelo según contenidos en fósforo y potasio

Nivel en el suelo	Fósforo (P) ¹	Potasio (K) ²
	ppm	ppm
Muy bajo	0-5	0-60
Bajo	6-15	61-120
Medio	16-25	121-240
Alto	26-45	241-400
Muy alto	>45	>400

¹Método Olsen (extracción en CO₃HNA); ² extracción en NO₃NH₄ o CH₃COONH₄

▶ LA MUESTRA DE PURÍN PARA ANÁLISIS QUÍMICO DEBE TOMARSE DE LA FOSA, REMOVIENDO PREVIAMENTE EL PURÍN O DE LA CISTERNA. LA CANTIDAD DE MUESTRA ESTARÁ ALREDEDOR DEL LITRO, EL ENVASE SERÁ DE PLÁSTICO Y NO SE LLENARÁ EN SU TOTALIDAD

purín: vacuno o porcino e introducimos el valor de la densidad (kg/l) y la aplicación estima los contenidos en nutrientes.

La toma de muestras será igual que para el análisis en laboratorio y después se deposita el purín recogido en una probeta o en un caldero con la suficiente profundidad, se remueve y se introduce un densímetro, haciendo la lectura a los cinco minutos.

D) *Estimar la composición del purín a partir de la conductividad y la densidad*

Una estimación más precisa de la composición química del purín de vacuno de leche se hace a partir de la medida de la conductividad (mS/cm) y la densidad (kg/l) (García *et al.*, 2015; García *et al.*, 2018), lo que mejora notablemente, respecto a tener en consideración solo la densidad, la estimación de los contenidos de nitrógeno y potasio y, ligeramente, la estimación de los contenidos de fósforo.

Para determinar la conductividad (mS/cm) se remueve previamente el purín y se toma una muestra de 100 ml de la cisterna o de la fosa, que se introduce en una probeta de 1.000 ml de capacidad que luego se llena con agua hasta los 1.000 ml. Se remueve y, con un conductímetro (previamente calibrado), se mide la conductividad eléctrica introduciéndolo directamente en el purín diluido.

La determinación de la densidad se hace como se indicó en el apartado anterior.

Para que el programa estime los contenidos de nutrientes del purín solo es necesario en la pestaña “Conductividad y densidad purín” elegir el tipo de purín: vacuno o porcino, e introducir los valores de la conductividad del purín diluido 1:10 (mS/cm) y de la densidad (kg/l).

Producción de materia seca

Un cultivo extrae del suelo unas cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O). Estas cantidades deben ponerse a disposición del cultivo (fertilización de mantenimiento), incrementándose para producciones altas o disminuyendo para producciones bajas.

La aplicación permite introducir la producción de materia seca esperada (t/ha) en una parcela de la cual el comportamiento productivo sea conocido por el agricultor. De no introducir ningún valor, el programa toma el valor de 15 t/ha.

Para una producción estimada de 15 t/ha de materia seca de maíz, teniendo en cuenta lo que extrae el cultivo por tonelada de materia seca (tabla 2), deben aplicarse sobre 180 kg/ha de N, 90 kg/ha de P₂O₅ para un suelo con nivel de fertilidad medio de fósforo y 210 kg/ha de K₂O para un suelo con un nivel de fertilidad medio de potasio.

Análisis del suelo

Cuando se hace un análisis de fertilidad de suelo, hay dos determinaciones básicas, que son los contenidos de fósforo (P) y los de potasio (K), expresados en partes por millón (ppm), datos que nos pide el programa. Considerando estas dos determinaciones (tabla 3), tenemos suelos ricos, donde el nivel elevado de nutrientes permite economizar fertilizantes; suelos pobres, donde es necesario hacer una fertilización de corrección para ir incrementando el nivel de nutrientes hasta los de un suelo medio, y suelos de riqueza media, donde no es necesario hacer la fertilización de corrección para elevar las reservas de los suelos, pero sí la fertilización de mantenimiento.

Un suelo con un nivel medio debe alcanzar las 16 ppm de P y las 121 ppm de K. El nivel de riqueza del suelo en fósforo y potasio es tenido en cuenta por el programa para incrementar o reducir los aportes de estos nutrientes respecto de las extracciones que realiza el maíz forrajero. ▶▶

LOS PRODUCTOS GALICAL FAVORECEN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ



EN VÍDEO



Para reducir el efecto limitante del pH y controlar el aluminio en las tierras de cultivo es recomendable aplicar enmiendas calizas o magnésicas.
El maíz exige un pH de entre 6 y 7.

• **ENMIENDA CALIZA, CAL VIVA GRANULADA (90 % CaO)**
Alto porcentaje en calcio. Valor neutralizante: 90 %

• **ENMIENDA CALIZA, CAL VIVA GRANULADA DOLOMITICA (35 % MgO / 60 % CaO)**
Alto porcentaje de magnesio. Valor neutralizante: 95 %

• **ENMIENDA CALIZA, CAL VIVA (80 % CaO)**
Gran poder de neutralización. Valor neutralizante: 80 %

• **ENMIENDA CALIZA, CAL APAGADA (65 % CaO)**
Potencia el rendimiento agrícola. De fácil asimilación. Valor neutralizante: 65 %

• **ENMIENDA CALIZA, CAL APAGADA + DOLOMÍA (53 % CaO / 23 % MgO)**
Aporta magnesio. Favorece la actividad clorofílica de la planta. Valor neutralizante: 83 %

• **ENMIENDA CALIZA, CARBONATO CÁLCICO (56 % CaO)**
Para tierra y camas higiénicas. Eficaz en la reducción de mamitis ambientales y dermatitis. Apropiado para la producción de todo tipo de piensos. Valor neutralizante: 56 %

• **ENMIENDA CALIZA DE CARBONATO CÁLCICO MAGNÉSICO, GALIMAG (33 % CaO / 17 % MgO)**
Aporta magnesio. Valor neutralizante: 60 %

• **ENMIENDA CALIZA, GRANICAL G60 SUPRA (54 % CaO / 1 % MgO)**
Fácil aplicación y asimilación. Valor neutralizante: 56 %

• **ENMIENDA CALIZA, GRANICAL G60 PLUS (47,35 % CaO / 6 % MgO)**
Fácil aplicación y asimilación con aporte de magnesio. Valor neutralizante: 59 %



Extendido regulado por GPS
Transporte a cualquier punto de España y Portugal



GALICAL SL
CALES Y DOLOMIAS AGRÍCOLAS



C/ 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



▶ DURANTE EL CULTIVO DEBEMOS PONER EL NITRÓGENO A DISPOSICIÓN DE LA PLANTA CUANDO LO NECESITA

Tabla 4. Acidez y dosis recomendadas de encalante de un 100 % de pureza

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

¹% de Aluminio (Al⁺⁺⁺) en el complejo de cambio

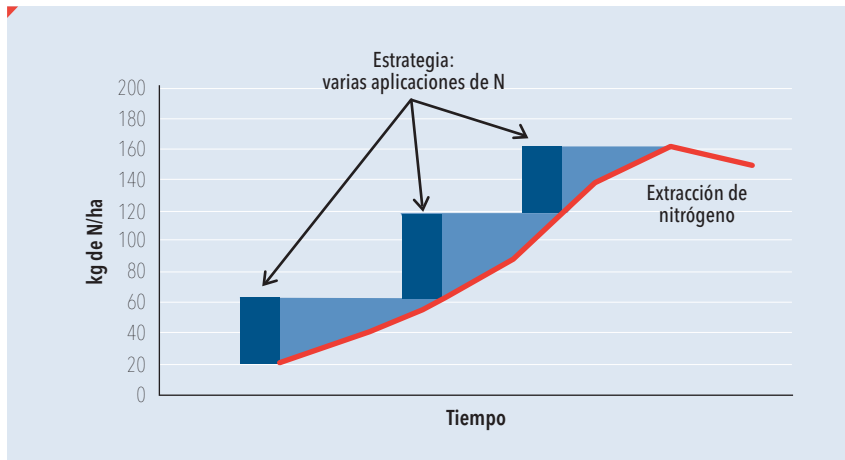
Otro parámetro importante de la fertilidad de los suelos gallegos es el porcentaje de saturación de aluminio, que nos indicará si es necesario o no encalar (tabla 4). El conocer las necesidades de encalado es de mucha importancia, ya que los fertilizantes no serán bien aprovechados por el maíz forrajero si no se corrige la acidez del suelo. Esta labor de bajo coste es fundamental dada su elevada repercusión en los rendimientos productivos.

La introducción del porcentaje de saturación de aluminio (% Al) en las aplicaciones nos permite obtener la recomendación con caliza (CaCO₃) con un 100 % de riqueza, pero se recomienda utilizar la aplicación REN de “Recomendación de Encalado” que permite conocer la cantidad de un material encalante concreto necesario para corregir la acidez del suelo (García *et al.*, 2014).

Momento de aplicación y fraccionamiento de la fertilización

Para mejorar la utilización del nitrógeno conviene disminuir al mínimo las pérdidas por lixiviación de los nitratos; así, a ser posible desde un punto de vista práctico, deben evitarse aplicaciones a finales de otoño y en invierno (periodo de precipitaciones elevadas), puesto que la lluvia puede lavar el nitrógeno antes de ser asimilado por el maíz. Estas pérdidas se reducen al mínimo aproximando la aplicación del fertilizante mineral

Figura 2. Fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno para mejorar la eficiencia de la fertilización



Fuente: Lammel, 2005

o del purín a la siembra. El retraso de las aplicaciones de purín para el maíz forrajero a finales de invierno-comienzo de la primavera incrementará la utilización del nitrógeno.

Durante el cultivo es muy importante el fraccionamiento de la aplicación del nitrógeno. Poner a disposición de la planta el nitrógeno a medida que lo necesita incrementa su aprovechamiento y disminuye las pérdidas por lixiviación durante períodos de lluvia (figura 2).

Para el maíz forrajero el nitrógeno conviene distribuirlo en dos mitades, un 40 % en fondo y un 60 % en cobertera con el fin de adaptarse a los requerimientos del cultivo al lo largo de su desarrollo, aunque el purín puede aplicarse todo en fondo, pues es un fertilizante orgánico con una liberación progresiva del nitrógeno a lo largo del tiempo. Existen también en el mercado fertilizantes de liberación lenta o con inhibidores de la nitrificación que alargan el periodo de liberación del nitrógeno.

En la aplicación RAX se puede elegir entre hacer una aplicación en presiembra o hacer dos aplicaciones: una en presiembra, que puede ser con purín o fertilizante mineral (en este caso en el apartado “Cantidad de purín a aplicar” introduciremos el valor de 0 m³/ha), y otra aplicación nitrogenado en cobertera, cuando el maíz esté en el estado V6 de 6 hojas completamente desarrolladas, que se corresponde con una altura de la planta de unos 30 cm.

El nitrógeno mineral en fondo y en cobertera conviene que tenga parte en forma nítrica y parte en forma amoniacal, para que su efecto sea en parte de acción inmediata y en parte más lento.

En los últimos años se están implantando en las explotaciones los aplicadores de purín con tubos colgantes para su uso en las praderas. Algunos de estos aplicadores pueden utilizarse también para aplicar el purín en cobertera del maíz forrajero haciendo adaptaciones en la maquinaria o en el interlineado del cultivo.

► EL NIVEL DE RIQUEZA DEL SUELO EN FÓSFORO Y POTASIO ES TENIDO EN CUENTA POR EL PROGRAMA PARA INCREMENTAR O REDUCIR LOS APORTES DE ESTOS NUTRIENTES RESPECTO A LAS EXTRACCIONES QUE REALIZA EL MAÍZ FORRAJERO

En la herramienta RAX, para dos aplicaciones de fertilizantes orgánicos, se recomienda para la presiembra y la cobertera hacer los cálculos para la mitad de la producción esperada e introducir el valor analítico del fertilizante orgánico disponible para cada momento. Hay que tener en cuenta que en la presiembra en un suelo de fertilidad media se recomienda como mínimo aportar el 40 % del nitrógeno, el 55 % del potasio y el 25 % del fósforo de las necesidades totales del cultivo.

Abono mineral complementario a la cantidad de purín aplicada

La aplicación permite establecer los metros cúbicos por hectárea de purín que queremos aplicar. Hay tres opciones:

- 1.No cubrir la dosis y el programa toma el valor de 50 m³/ha.
- 2.Cubrir la dosis previamente a la recomendación que se va a obtener.
- 3.Cubrir la dosis posteriormente a los cálculos obtenidos, para ajustarla a la recomendación obtenida.

El programa, después, calcula las unidades fertilizantes complementarias a las aplicadas con el purín para cubrir todas las necesidades del maíz, permitiendo también elegir entre diferentes fertilizantes para satisfacer las necesidades pendientes en nitrógeno, fósforo o potasio. En función del tipo de fertilizante se puede elegir el nutriente que se quiere aportar en su totalidad: N, P₂O₅ o K₂O y el programa, posteriormente, indicará si quedan pendientes de satisfacer las necesidades de algunos de ellos. Al igual que en el caso del purín, se puede elegir el fertilizante *a posteriori* para adaptarlo al equilibrio entre nutrientes obtenido en la recomendación. También se tiene la opción "Sin abono mineral" (0-0-0).

Técnicas y condiciones de aplicación de los purines. Pérdidas del nitrógeno amoniacal

El ciclo del nitrógeno y las pérdidas al medio ambiente

Al contrario de lo que pasa con el fósforo y potasio, la fertilización ►

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














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

Síguenos en:






▶ PARA MEJORAR LA UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO CONVIENE DISMINUIR EL LAVADO DE LOS NITRATOS, APROXIMANDO LA APLICACIÓN DEL ABONO A LA SIEMBRA



En la aplicación de los purines el uso de técnicas de baja emisión es el más efectivo para reducir la volatilización del amoníaco

nitrogenada no tiene un efecto acumulativo en el suelo a lo largo de los años, aunque pueden encontrarse niveles altos de nitrógeno en el suelo al inicio de un cultivo cuando previamente se cultiva una leguminosa o cuando se incorpora al terreno un cultivo como abono verde.

Por lo tanto, para realizar la fertilización nitrogenada se deben aportar las extracciones que realiza la cosecha y hacer un balance teniendo en cuenta, además, las ganancias por mineralización del nitrógeno a partir de la materia orgánica del suelo..., y las posibles pérdidas, por lixiviación de nitratos (NO_3^-), desnitrificación con emisiones de óxido nitroso (N_2O) y la volatilización del amoníaco (NH_3)... Por lo general, estas ganancias y pérdidas son de difícil cuantificación dependiendo mucho de las condiciones edafoclimáticas y del manejo.

Si aplicamos el fertilizante nitrogenado en el momento correcto (ver apartado “Momento de aplicación”), y teniendo en cuenta que en los meses de cultivo no llueve mucho, las pérdidas por lixiviación son pequeñas. Estas pérdidas, junto a las producidas por la desnitrificación, se pueden considerar que son compensadas con el nitrógeno mineralizado a partir de la materia orgánica del suelo. Lo que sí debemos cuantificar a la hora de hacer un plan de fertilización en el maíz forrajero son las pérdidas de nitrógeno por la volatilización del amoníaco (NH_3) hacia la atmósfera, pues pueden ser importantes en el caso de fertilizar con abonos ureicos y/o con purines.

Las pérdidas deben minimizarse al máximo posible, pues afectan al medio ambiente. Los nitratos lixiviados van hacia las aguas contribuyendo junto con el fósforo a la eutrofización. El óxido nitroso (N_2O) es un gas efecto invernadero que contribuye al cambio climático.

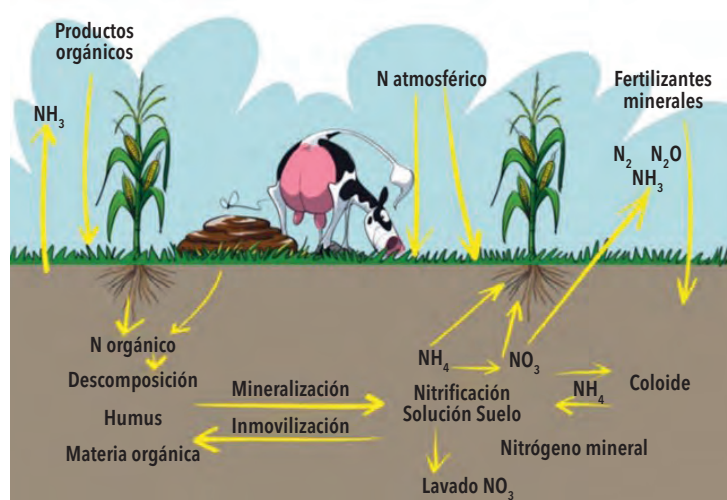
El amoníaco se combina con otros iones en la atmósfera formando partículas ácidas nocivas para el sistema respiratorio de las personas o de los animales y provocando acidificación de los suelos al ser arrastradas por los aires y depositarse posteriormente. Por otra parte, ese nitrógeno depositado se transforma una parte en el gas efecto invernadero N_2O y en los ecosistemas natu-

rales afecta a la competencia entre las plantas presentes y favorece la invasión de nuevas especies.

La volatilización de amoníaco en las explotaciones ganaderas

La agricultura es la actividad que más contribuye a las emisiones de amoníaco hacia la atmósfera, con un 94 % de la emisión global (Steinfeld *et al.*, 2009). En España la emisión del sector agroganadero supone el 97 %, siendo la ganadería la responsable de la mayor parte de las emisiones. Así, los animales estabulados emiten amoníaco generado a partir de las deyecciones durante su almacenamiento, manejo y tratamiento (47 %), con las aplicaciones ▶▶

Figura 3. Ciclo del nitrógeno



Fuente: 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 LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SE DEBEN APORTAR LAS EXTRACCIONES QUE REALIZA LA COSECHA Y HACER UN BALANCE TENIENDO EN CUENTA, ADEMÁS, LAS GANANCIAS Y LAS POSIBLES PÉRDIDAS

al campo (26 %) y durante el depósito en el pastoreo de los animales (8 %). La emisión por la aplicación de fertilizantes nitrogenados minerales, fundamentalmente la urea, supone el 15 %. El sector del ganado vacuno emite un 26 % del total (MITECO, 2023).

Por lo tanto, la aplicación de los purines y estiércoles a los campos contribuye alrededor del 34 % a las emisiones totales de NH_3 . La reducción de estas emisiones es muy importante, así como su cuantificación, pues la estimación de estas pérdidas por debajo de su valor real lleva a una subfertilización y, al contrario, una estimación por encima de su valor real lleva a una sobrefertilización nitrogenada.

Las normativas para evitar la contaminación por amoníaco en el sector de ganado vacuno

La necesidad de conseguir modelos de producción sostenibles donde se conjuguen la competitividad económica y las buenas prácticas que minimizan el impacto de las actividades agrarias sobre la calidad de los recursos naturales (agua, aire y suelo) y que permitan obtener productos con mayores garantías para la salud es una demanda social que obliga a la UE a establecer una serie de normativas.

Así, con el objetivo de reducir los impactos del amoníaco, se desarrolló a nivel nacional la siguiente legislación:

- **Real Decreto 818/2018, del 16 de julio**, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos.

Establece el compromiso de reducir las emisiones para el año 2030 respecto a las del año 2005 en un mínimo del 16 %. A raíz de este Real Decreto se realizó el I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica (año 2019), que recogía las medidas para controlar las emisiones de amoníaco en todos los sectores. Las medidas en el sector agroganadero que afectan a las explotaciones de ganado vacuno fueron desarrolladas en los dos siguientes reales decretos.

- **Real Decreto 1053/2022, del 27 de diciembre**, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas bovinas. Establece que es obligatoria la reducción de emisiones en algunas explotaciones bovinas que no tengan la condición de explotación extensiva: en las nuevas del grupo III (de 180 hasta 850 UGM inclusive con un incremento hasta un 10 %) y tanto en las nuevas como en las existentes del grupo IV (> 850 UGM en la fecha de entrada en vigor del Real Decreto). Estas emisiones deberán adaptar técnicas para mitigar las emisiones de amoníaco en los ámbitos de alimentación y dieta de los animales, instalaciones de alojamiento de animales y durante el almacenamiento del purín.

- **Real Decreto 1051/2022, del 27 de diciembre**, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios. Entre sus objetivos están

una aportación sostenible de nutrientes y la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero y otros gases contaminantes como el amoníaco. Para la reducción de las emisiones de amoníaco en la aplicación de los purines obliga al empleo de sistemas de banda o inyección y se prohíbe la aplicación del purín con plato exceptuando zonas con pendientes superiores al 10% en las que tras la aplicación con plato es obligatorio **emplear por lo menos alguna medida de mitigación como puede ser la incorporación, el uso en el purín de inhibidores de la ureasa/nitrificación o la acidificación**. Cuando se utilice urea o soluciones nitrogenadas ureicas es obligatorio emplear alguna medida de mitigación como puede ser incorporarla tras su aplicación, con viruta o agua de arroyo, utilización de inhibidores de la ureasa o recubrimiento con polímeros

El contenido de nitrógeno amoniacal en los purines y su volatilización según las técnicas y condiciones de aplicación

El nitrógeno amoniacal representa aproximadamente un 48 %, 55 % y 59 % del nitrógeno total presente en los purines de vacuno de leche, de porcino de cebo o de porcino de gestación-lactación-transición, respectivamente (tabla 1).

Las emisiones de NH_3 con las aplicaciones del purín dependen de la composición de este, de las condiciones ▶▶

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 SOCIEDADDE 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.



▶ LO MÁS EFECTIVO PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS POR VOLATILIZACIÓN DE AMONIACO ES EL USO DE TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE BAJA EMISIÓN, COMO SON LA INCORPORACIÓN, LOS TUBOS COLGANTES O LA INYECCIÓN

Figura 4. Simulación de la volatilización de nitrógeno amoniacal para unas condiciones meteorológicas medias para purín de vacuno sin enterrar e inyectado

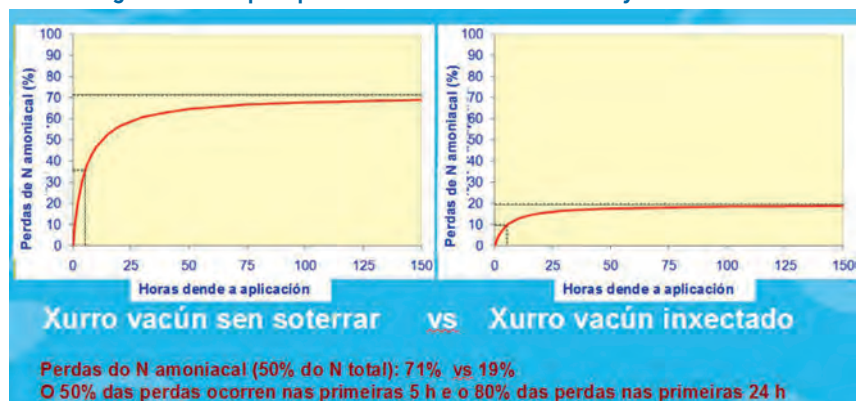


Tabla 5. Eficiencia de utilización del nitrógeno del purín, en función de las técnicas y condiciones de aplicación

Técnica de aplicación	Momento	Condiciones de aplicación		
		Óptimas (*)	Regulares	Malas (**)
Cobertera	Finales de invierno	0,7	0,6	0,6
	Primavera	0,5	0,5	0,4
	Otoño	0,4	0,3	0,3
Enterrado	Inmediatamente/Inyección	0,9	0,8	0,7
	Menos de 4 horas	0,8	0,7	0,6
	El mismo día	0,7	0,6	0,5

(*) Condiciones óptimas:

- Elevada humedad relativa del aire: rocío, al amanecer o al atardecer
- Viento en calma
- Bajas temperaturas

(**) Condiciones malas:

- Tiempo seco, mediodía
- Fuerte viento
- Altas temperaturas

del suelo y de las condiciones climáticas en el momento de la aplicación. Los factores que más afectan a las emisiones son la concentración total de N amoniacal, la materia seca del purín, la velocidad de infiltración en el suelo y algunos parámetros meteorológicos: temperatura del aire, radiación, velocidad del viento y lluvia (Sommer y Hutchings, 2001).

Lo más efectivo para reducir estas pérdidas es el uso de técnicas de aplicación de baja emisión, como son la incorporación, los tubos colgantes o la inyección (Sommer y Hutchings, 2001; Sanz Cobena *et al.*, 2014).

Si no se utilizan estas técnicas, se puede volatilizar la totalidad del nitrógeno amoniacal. El 50 % de las pérdidas de amoníaco acontece dentro de las 4-12 horas después de la aplicación de los purines; la incorporación con gradas puede disminuir las pérdidas alrededor del 80 % y la inyección en profundidad en su totalidad (Oenema *et al.*, 2008).

En la tabla 5 tenemos la eficiencia de utilización del nitrógeno en función de las técnicas y condiciones de aplicación (García *et al.*, 2010). Cuanto mayor sea la eficiencia (valor entre 0 y 1), menor cantidad de purín necesitaremos para satisfacer las necesidades de nitrógeno del cultivo.

En Europa se desarrolló un modelo ALFAM2-Model (Hafner *et al.*, 2019) para calcular la volatilización del nitrógeno amoniacal tras la aplicación de los purines.

En la figura 4 se muestra una simulación con este modelo de la volatilización de nitrógeno amoniacal según la técnica de aplicación. El modelo tiene una versión Excel v2.3 (<https://projects.au.dk/alfam>) y considera los siguientes factores: tipo de purín (vacuno, porcino u otros), nitrógeno amoniacal (kg/t), materia seca (%) y pH del purín, dosis (t/ha) y método de aplicación (plato o abanico, tubos colgantes, tubos colgantes con patines, inyector con discos o rejas o inyector con cultivadores), así como las condiciones ambientales en las 24 horas siguientes a la aplicación: las temperaturas máxima y mínima del aire (°C), la velocidad del viento (m/s) y la lluvia (mm/h). En el caso de aplicación con plato o abanico se puede elegir el tipo de incorporación (ninguna; superficial, de 5 a 10 cm, o profunda, de 15 a 20 cm) y el tiempo que transcurre entre la aplicación y la incorporación.

La cuantificación de la volatilización del nitrógeno amoniacal en las aplicaciones RAX

Por consiguiente, un factor muy importante que debemos tener en cuenta para mejorar el aprovechamiento del nitrógeno es el uso de técnicas de aplicación del purín de baja emisión (incorporación, tubos colgantes o inyección), que disminuyen las pérdidas del nitrógeno amoniacal hacia la atmósfera y, por consiguiente, la contaminación. Estas técnicas se recogen en las aplicaciones RAX y, según la técnica utilizada, el programa nos permite conocer la mejora de la eficiencia en la utilización del nitrógeno. Asimismo, en las recomendaciones de fertilización obtenidas con las aplicaciones RAX las pérdidas por volatilización del nitrógeno amoniacal son compensadas con una mayor aportación de nitrógeno para no disminuir ni la producción ni la calidad. ▶▶

EL ABONADO RENTABLE Y EFICAZ DE CULTIVOS FORRAJEROS

ENTEC®

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

► EN LAS RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN OBTENIDAS CON LAS APLICACIONES RAX, LAS PÉRDIDAS POR VOLATILIZACIÓN DE AMONIACO SON COMPENSADAS CON UNA MAYOR APORTACIÓN DE NITRÓGENO PARA NO DISMINUIR NI LA PRODUCCIÓN NI LA CALIDAD

Figura 6. Pantalla de introducción de datos para el cálculo de la eficiencia en la aplicación del nitrógeno con el modelo ALFAM2

Figura 5. Pantalla de introducción de datos para el cálculo de la eficiencia en la aplicación del nitrógeno según tabla estándar

La eficiencia en la utilización del nitrógeno se puede calcular de dos maneras diferentes: el cálculo estándar a partir de la tabla 4 o el cálculo con el modelo ALFAM2.

A) Cálculo estándar de la eficiencia en la aplicación del nitrógeno (figura 5). En el programa podemos elegir:

- Aplicación en coberteira y, en este caso, la época de aplicación (primavera, finales de invierno u otoño) y las condiciones de aplicación (óptimas, regulares y malas).
- Aplicación con enterrado y, en este caso, condiciones de aplicación (óptimas, regulares y malas) y momento: enterrado inmediatamente, en menos de 4 horas (incorporación dentro de las 4 horas después de

la aplicación del purín) o en el mismo día (incorporación dentro de las 12 horas después de la aplicación del purín).

B) Cálculo con el modelo ALFAM2 de la eficiencia en la aplicación del nitrógeno (figura 6).

Hay que seleccionar opciones para método de aplicación, tipo de purín e incorporación en el caso de aplicación con plato o abanico e introducir los siguientes valores: pH del purín, condiciones ambientales en las 24 h siguientes a la aplicación: temperatura mínima del aire (°C), temperatura máxima del aire (°C), velocidad del viento (km/h) y lluvia (mm/día) y el tiempo hasta incorporación (h), que es el tiempo que transcurre entre la aplicación con plato o abanico y la incorporación.

Los valores de nitrógeno amoniacal (kg/t), materia seca del purín (%) los coge de los valores de la composición química del purín y la dosis de aplicación (t/ha), del valor establecido en la recomendación.

En el caso de no tener algunos valores el programa sugiere introducir el valor de referencia correspondiente: pH 7.5, 13 °C, 10 km/h y 0 mm/día.

DATOS DE SALIDA DEL PROGRAMA

Una vez introducidos los datos indicados anteriormente, la aplicación muestra una salida de datos, que puede imprimirse o guardarse:

- El valor fertilizante de 1 m³ de purín, expresado en unidades fertilizantes de nitrógeno (kg de N), de fósforo (kg de P₂O₅) y de potasio (kg de K₂O).
- La equivalencia de 10 m³ del purín en fertilizantes simples.
- Análisis de tierra: valores introducidos por el usuario.
- La recomendación de encalado en t/ha de caliza con un 100 % de riqueza. Para otras riquezas o materiales encalantes puede utilizarse la aplicación REN.
- El momento de aplicación de la fertilización y el número de aplicaciones:
 - Una sola aplicación en pre-siembra (NPK).
 - Una aplicación en pre-siembra (NPK), más una en coberteira (N).
- Las cantidades de purín necesario para satisfacer las necesidades del maíz forrajero en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) expresadas como m³ de purín/ha.

► EL PROGRAMA PERMITE HACER EN EL MAÍZ FORRAJERO UNA BUENA GESTIÓN DE LOS PURINES ACUMULADOS EN INVIERNO EN LA FOSA, CON LAS SUBSIGUIENTES MEJORAS AMBIENTALES Y ECONÓMICAS PARA LA EXPLOTACIÓN

- Las unidades fertilizantes de nitrógeno (kg/ha de N), de fósforo (kg/ha de P₂O₅) y de potasio (kg/ha de K₂O) que faltarían por aportar al maíz cuando se aplica la dosis de purín que se seleccionó previamente, pero conviene modificar la dosis en función de los resultados del apartado anterior.
- Necesidades que quedarían por satisfacer tras complementar la aplicación del purín con la aplicación de un determinado fertilizante, el cual puede seleccionarse al principio indicando el nutriente que se quiere aportar en su totalidad, pero conviene modificarlo en función de los resultados del apartado anterior, para que los valores se aproximen a 0.

CONCLUSIONES

- El cultivo del maíz forrajero para ensilado y consumo por las vacas de leche en el norte de España se incrementó en los últimos años con una mayor presencia a medida que se intensifican las explotaciones.
- Este cultivo recibe una gran parte de los purines acumulados en la fosa de la explotación en los meses de invierno y una buena gestión en su aplicación supone mejoras ambientales y económicas.
- La aplicación web RAX de Recomendación de Fertilización con Purín en el maíz forrajero permite hacer una correcta fertilización del maíz forrajero con purines a partir de la composición química del purín, la riqueza en nutrientes del suelo y las extracciones de nutrientes del maíz.

También tiene en cuenta cuáles son las técnicas y condiciones de aplicación que influyen en las pérdidas del nitrógeno amoniacal hacia la atmósfera en forma de amoníaco, gas contaminante que forma partículas ácidas nocivas para el sistema respiratorio de las personas o de los animales y que provoca acidificación de los suelos.

- Según la técnica utilizada, el programa nos permite conocer la mejora de la eficiencia en la utilización del nitrógeno y compensar las pérdidas por volatilización en forma de amoníaco con un mayor aporte de nitrógeno para no disminuir ni la producción ni la calidad.

AGRADECIMIENTOS

A la Unión Europea, al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y a la Xunta de Galicia por la financiación de la acción de cooperación AC2021C-07 “Mejora de las aplicaciones *online* del CIAM de recomendaciones de abonado con purines (RAX)” y de los proyectos Feader 2012/31 y Feader 2007/08, que el CIAM desarrolló en colaboración con la Cooperativa Agraria Provincial de A 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 Letter, 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.