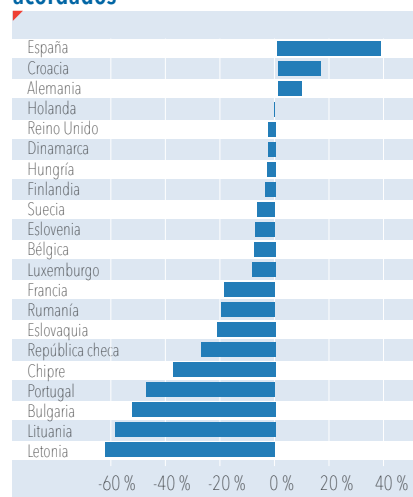




**Figura 1. Emisiones de amoníaco en la UE en relación a los techos de emisión acordados**



## Buenas prácticas en el manejo del purín adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la Europa atlántica

En este estudio analizo las medidas y las alternativas posibles para reducir las emisiones de amoníaco y la normativa que regula la aplicación del purín de vacuno lechero al suelo.

**Juan Castro Insua**

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)

### INTRODUCCIÓN

Las emisiones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) producidas en la ganadería constituyen una pérdida económica para el ganadero, un daño al medio ambiente por la acidificación de los suelos y las aguas y un perjuicio importante para la salud humana.

El amoníaco en la atmósfera es un precursor de varios gases de efecto

invernadero y de material particulado ( $\text{PM}_{2.5}$ ) que produce daños en el sistema respiratorio. El Protocolo de Gotemburgo y la Directiva (UE) 2016/2284 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos (Directiva de Techos Nacionales de Emisión) establecen los límites de emisión nacionales. En el último inventario remitido en marzo de 2018, el Estado español reconocía que superaba en 139 kt de  $\text{NH}_3$  el límite de 353 kt acordado para el año 2020, por lo que lo situaba como el país de la UE que en mayor proporción se

desviaba de los valores de emisiones acordados.

El nitrógeno se excreta en forma de urea en mamíferos. La conversión de urea en amoníaco requiere la enzima ureasa, que se excreta en las heces animales, por lo que es conveniente la separación de orina y heces, cosa que normalmente ocurre en el pastoreo, por lo que hay menos emisiones que cuando el ganado está dentro del establo, donde se mezclan.

La descomposición de las formas complejas de nitrógeno orgánico en las heces ocurre más lentamente (en meses o años). En ambos casos, el nitrógeno se convierte en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en condiciones de pH ácido o neutro, o en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) a niveles de pH más altos. Más de la mitad del contenido de nitrógeno del purín puede ser volatilizado en forma de amoníaco.



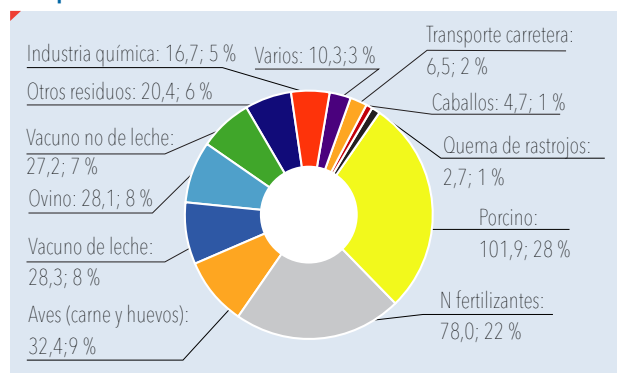
► ES CONVENIENTE LA SEPARACIÓN DE ORINA Y HECES, COSA QUE NORMALMENTE OCURRE EN EL PASTOREO

Conforme los datos publicados en el último inventario nacional de emisiones (marzo 2018), en el año 2016 el 96 % de las emisiones de amoníaco proceden del sector agrario; de este porcentaje, las emisiones totales del vacuno de leche (establo, fosa y aplicación al suelo) representan aproximadamente el 8 % de las emisiones totales del Estado.

Si nos fijamos exclusivamente en las emisiones producidas en la aplicación del purín y estiércoles al suelo por todas las especies ganaderas, estas representarían el 28 % del total de emisiones nacionales, de las cuales el 4 % corresponderían al vacuno de leche.

Según las proyecciones del Gobierno, en el año 2020 el ganado porcino será el que contribuirá en mayor medida a las emisiones de amoníaco, con el 28 % del total, seguido por los fertilizantes químicos nitrogenados, las aves (carne y huevos), con el 22 y el 9 % respectivamente, y, en cuarto lugar, el vacuno de leche con el 8 % (figura 2). ►►

**Figura 2. Emisiones de  $\text{NH}_3$  en el Estado español: proyección para el año 2020**



# ¡Abre bien los ojos!



## No todos los fertilizantes nitrogenados son iguales.

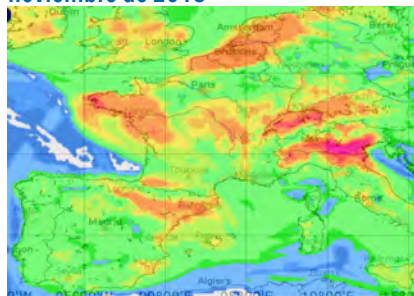
Numerosos estudios de I+D han demostrado que la menor pérdida de nitrógeno se consigue con la aportación de un **equilibrio perfecto en nitrógeno y magnesio** lo que se traduce en mayor proteína y cantidad de forraje.

Fertimón ha conseguido con **NITROFERTIMÓN**, ese equilibrio a un nivel que no aporta ningún otro fertilizante.



Parque Empresarial Vilanova I  
36614 Baion - Vilanova de Arousa (Pontevedra)  
Tf. 986 51 60 30 - soaga@soaga.com  
www.soaga.com

**Figura 3. Emisiones de amoniaco tomadas por el satélite Copernicus en noviembre de 2018**



En la figura 3 se pueden observar imágenes remitidas por el satélite europeo Copernicus, donde se aprecia que las zonas con más emisiones de amoniaco (color rojo) están relacionadas con las zonas de ganadería intensiva (Cataluña, Aragón, Murcia...), así como la Bretaña francesa, el valle del Po, etc.

Las emisiones de amoniaco varían significativamente entre granjas de vacuno de leche debido a los siguientes factores:

#### Manejo del ganado

- Horas de pastoreo o fuera del establo
- Alimentación (tipo de ración, contenido proteico, digestibilidad...)
- Rendimiento lechero

#### Manejo en el establo

- Estabulación trabada o libre
- Tipo de limpieza, n.º de veces que se pasa la arrobadera al día
- Material de cama
- Ventilación forzada, temperatura interior, etc.

#### Almacenamiento en la fosa

- Cubrición: formación natural de costra, cubrición con lona, etc.
- Dilución con aguas de lluvia y/o limpieza

#### Aplicación en la tierra

- Plato e incorporación con arado, grada de discos, cultivadores
  - Tiempo transcurrido desde la aplicación con el plato
  - > Temperatura del aire, velocidad del viento, radiación solar...
- Mangueras arrastradas
- Inyección superficial
- Inyección profunda

### MEDIDAS Y ALTERNATIVAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE AMONIAO Y NORMATIVA QUE REGULA LA APLICACIÓN DEL PURÍN AL SUELO

Utilizamos la metodología propuesta en el informe publicado en 2014 por la Comisión Europea titulado *Análisis de datos para opciones de aplicación del purín*. En él se analiza el impacto de distintas medidas y su idoneidad, teniendo en cuenta los beneficios ambientales, los costes burocráticos y administrativos, y la repercusión sobre la viabilidad y competitividad de las explotaciones.

La aplicación de purines al suelo está regulada en el Real decreto 1378/2018, de 8 de noviembre (BOE, 9 noviembre del 2018), donde se incluyen “nuevas normas” en el apartado 2 del anexo II sobre buenas condiciones agrarias y ambientales de la tierra (BCAM) del Real decreto 1078/2014, en el cual se establecen las normas de la condicionalidad que deben cumplir los beneficiarios que reciban pagos directos, determinadas primas anuales de desarrollo rural. El penúltimo párrafo de la BCAM 6 se sustituye por los dos párrafos siguientes:

“La aplicación de purín en las superficies agrícolas no podrá realizarse mediante sistemas de plato o abanico ni cañones y las comunidades autónomas pueden establecer excepciones.

Las comunidades autónomas deberán favorecer la aplicación de las mejores técnicas disponibles a la hora de establecer excepciones a la prohibición. En el caso de parcelas en las que la pendiente media sea superior al 20 %, con carácter general no se podrá realizar dicha aplicación. No obstante, aquellas comunidades autónomas que tengan zonas con orografías complicadas y donde se dé dicha circunstancia en una mayoría de sus parcelas, podrán agruparlas siguiendo criterios objetivos y establecer excepciones mediante resoluciones o reglamentos no necesariamente individualizados.”

► UNA PRÁCTICA COMPLETAMENTE DESACONSEJABLE ES ECHARLO EN LAS PARCELAS PRÓXIMAS AL ESTABLO PARA AHORRAR GASTOS DE TRANSPORTE

#### Idoneidad de la norma

La Unión Europea no especifica cuál debe ser la medida que se debe emplear y mucho menos obliga a añadir esta norma sobre la aplicación de purines en la condicionalidad para el pago de la PAC, por lo que se puede estar incurriendo en un agravio comparativo con respecto al resto de los ganaderos de la UE, lo cual compromete su competitividad en el mercado.

En la *Guía de buenas prácticas* (2016 EMEP/EEA Guidebook) existen una serie de medidas permitidas y recomendadas para disminuir las emisiones de amoniaco, que, además, pueden ser menos costosas, más fáciles de implementar y tanto o más eficientes, como por ejemplo el pastoreo, la formación de costra en la fosa, el enterrado del purín con grada de discos después de aplicarlo con plato de choque, etc.

Los ganaderos más perjudicados con este Decreto son aquellos que poseen base territorial, como los de vacuno de leche de Galicia y de la cornisa, y no afecta a la ganadería intensiva (porcino, aves...), que precisamente es el tipo de explotación que más aumentó las emisiones y que más contribuye a las emisiones de amoniaco en España, lo que iría contra el principio básico de que “paga el que contamina”.

La legislación europea permite implementar medidas agroambientales para compensar a los ganaderos por los mayores gastos en tiempo, gasóleo, etc., lo que supone utilizar aperos para la inyección o mangueras arrastradas. ►►

► LA FOSA DEBE SER UTILIZADA COMO “UN ALMACÉN DE FERTILIZANTE”, QUE NOS PERMITIRÁ AHORRAR DINERO EN LA COMPRA DE ESTOS

## Posibilidades de regulación en función del tamaño de las explotaciones, del territorio y de la especie ganadera

### Tamaño de las explotaciones

Las explotaciones más grandes, por su economía de escala, serían menos afectadas por la normativa; en cambio, las más pequeñas, las familiares, tendrían más dificultades para abordar los mayores gastos en la inversión en maquinaria y perderían rentabilidad. Por lo tanto, cualquier opción dirigida a la reducción de las emisiones procedentes del esparcimiento del purín debe excluir las explotaciones más pequeñas.

Los gastos burocráticos y de control para la administración de las normas son más ejecutables si se implementan para las explotaciones más grandes.

### Ámbito territorial

Una opción podría ser establecer primero las medidas en las zonas contaminadas por exceso de nitratos, como son las declaradas vulnerables, que coinciden con las de ganadería y agricultura intensiva y no con la ganadería de vacuno (en la cornisa cantábrica y en Galicia no existen zonas vulnerables).

## Emisiones de amoníaco según el manejo del ganado en la explotación

Una de las medidas más adecuadas para reducir las emisiones de amoníaco es aumentar el tiempo de pastoreo, ya que cuanto más tiempo las vacas puedan estar fuera del establo, menos purín será necesario almacenar y menos emisiones de amoníaco se producirán.

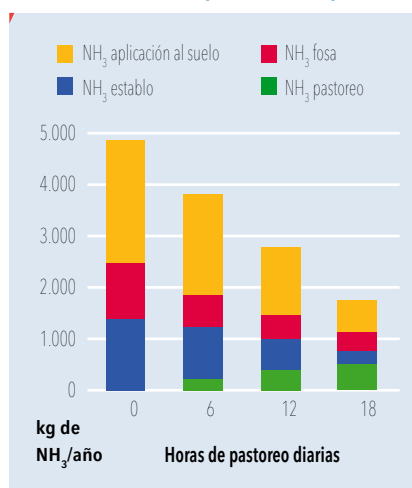
Cuando el ganado está dentro del establo se mezclan las heces, que contienen la enzima ureasa con la orina, que a su vez contiene la mayor parte de la urea y, además, el purín tiene que pasar por una serie de etapas, establo y almacenamiento en la fosa y aplicación al suelo, donde se van a producir pérdidas de amoníaco, mientras que cuando las vacas están en pastoreo, la orina penetra inmediatamente en la tierra y no se mezcla con las heces.

### ORINA + HECES

ESTABLO => arrobadera =>  
fosa de purín => aplicación al suelo  
PASTOREO => orina  
=> heces

En la figura 4 se comparan las emisiones de amoníaco de una granja de 100 vacas de leche, en función del tiempo de pastoreo medio diario anual (0, 6, 12 y 18 horas).

**Figura 4. Emisiones anuales de amoníaco de una granja de 100 vacas de leche en función del tiempo diario de pastoreo**



Por cada hora que una vaca esté fuera del establo, se evitan 1,75 kg de emisiones de NH<sub>3</sub> anualmente en comparación con el sistema de referencia utilizado por el Ministerio en los inventarios, donde se considera que las vacas están todo el año dentro del establo. Si el ganado pastorease 6, 12, o 18 horas diarias de media al año, las emisiones se reducirían en un 22, 43, y 65 %, respectivamente.

Si quisiéramos obtener el mismo nivel de reducción de emisiones de amoníaco en el pastoreo que con la maquinaria de aplicación del purín con mangueras arrastradas o inyección, podemos estimar que se necesitarían 4 horas y 11 horas de pastoreo diario, respectivamente. Por lo tanto, el pastoreo es la forma más

efectiva de evitar las emisiones y la más sostenible, por lo que mediante la política agraria debería favorecerse este tipo de ganadería menos intensiva, porque, además, es más coherente con otros objetivos de la PAC por aportar mayores “bienes públicos” a la sociedad, como son la conservación del paisaje, prevención de incendios, mejora de la calidad y seguridad alimentaria (mejor contenido de ácidos grasos saludables y vitaminas, menos tratamientos veterinarios, etc.), mayor biodiversidad y mejores condiciones para el bienestar animal.

## ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ESTATAL

El inventario estatal de emisiones no tiene la información detallada que se necesitaría para estimar las emisiones, según la metodología oficial de la *Guía de buenas prácticas* (2016 EMEP/EEA Guidebook). Entre los datos relevantes que faltaría serían:

- Tiempo de pastoreo (horas)
- kg de fertilizante nitrogenado utilizado
- Material utilizado en las camas
- Tipo de establo (trabado o libre)
- Capacidad de almacenamiento de las fosas
- Fosas cubiertas o no cubiertas
- Formación de costra o no en la fosa de purín
- Calendario de aplicación del purín
- Tiempo que se tarda en enterrar el purín después de aplicarlo a cisternas
- Utilización o no de las previsiones del tiempo para echar el purín, etc.

A continuación se describen algunos datos relevantes para actualizar el inventario de emisiones estatales con base en el proyecto de investigación INIA RTA201-(2013-2016) para la cornisa cantábrica y Galicia:

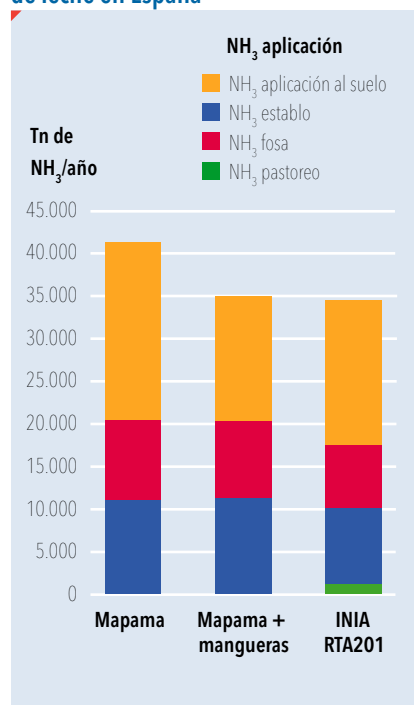
- Horas de pastoreo: primavera 5,32; verano: 5,97; otoño: 7,73; invierno: 2,9
- Tipo de establo: trabado (57 %); libre (43 %)
- Fosa de purín: 285 m<sup>3</sup>/explotación; 7 m<sup>3</sup>/UGM; cubiertas: 62 %

Si incluimos en el inventario español las horas de pastoreo del ganado vacuno de leche y lo extrapolamos para el conjunto de las explotaciones del Estado, obtenemos que las vacas pasan fuera del establo 4,73 horas diarias de media. ►►

En la figura 5 se compara el cálculo de emisiones según los datos oficiales del Ministerio de Agricultura, utilizados en el último inventario de marzo de 2018, con el cálculo de emisiones incluyendo el tiempo de pastoreo sacado del Informe del Proyecto INIA RTA 201.

Puede apreciarse la importancia que supone incluir datos de pastoreo, que equivale a una reducción de las emisiones superior (columna de la derecha) a la que se conseguiría si el 100 % de las explotaciones utilizaran uno de los aperos permitidos para aplicar el purín en el suelo por el actual Decreto, como son las mangueras arrastradas (columna central).

**Figura 5. Comparación del cálculo de emisiones de amoníaco para el vacuno de leche en España<sup>1</sup>**



<sup>1</sup>Según los datos oficiales del Ministerio (Mapama), los del Mapama incorporando la tecnología de las mangueras arrastradas y, por último, los obtenidos en el proyecto INIA RTA201 (que sí incluye datos de pastoreo)

► LA UE NO OBLIGA A INCLUIR EN LA CONDICIONALIDAD DE LA PAC ESTA NUEVA MEDIDA SOBRE EL PURÍN, QUE PERJUDICA MÁS A LA GANADERÍA FAMILIAR QUE A LA INTENSIVA

Los datos remitidos por España en el inventario de emisiones de 2018 no tienen en cuenta el tiempo de pastoreo del ganado y consideran que este permanece estabulado el 100 % del tiempo. Utilizando los datos del Informe publicado en el proyecto INIA RTA201, se reducen las emisiones en 7,8 kt (19 %).

Los nuevos proyectos de investigación del INIA y de grupos operativos, que están en marcha, podrán mejorar todavía más este ajuste, ya que se van a poder incluir datos detallados de manejo de las explotaciones necesarios para poder incorporar otras medidas de reducción de emisiones reflejadas en la *Guía de buenas prácticas* (2016, EMEP/EEA Guidebook).

### BUENAS PRÁCTICAS PARA APROVECHAR EL NITRÓGENO EXCRETADO EN EL ESTABLO POR EL GANADO

#### La fosa de purín

La medida más importante para hacer un uso eficiente del fertilizante orgánico, cuando no se puede hacer pastoreo o cuando el tiempo para este es limitado fundamentalmente por la falta de disponibilidad de tierras, es tener una capacidad de almacenamiento en la fosa suficiente.

De nada vale enterrar el purín si lo echamos al suelo cuando no hay un cultivo que pueda aprovechar el nitrógeno. Cuando lo echamos entre finales de octubre y enero, porque la fosa es pequeña o no está cubierta, el nitró-

geno se va a perder arrastrado por la lluvia, hacia la capa freática o por escorrentías y, por lo tanto, deberemos comprar nitrógeno mineral para poder fertilizar a finales del invierno.

Las granjas que no hacen pastoreo y tienen una rotación forrajera con maíz, deberían tener capacidad, como mínimo, para seis meses, con el fin de acumular el purín hasta finales de abril y así poder enterrarlo en el abonado del maíz. En este caso, la fosa debe estar cubierta para aprovechar mejor su capacidad de almacenamiento y ahorrar tiempo y gasóleo en el reparto del purín. Una práctica completamente desaconsejable es echarlo en las parcelas próximas al establo para ahorrar gastos de transporte, y no en el resto de las parcelas.

Tenemos que ser conscientes de que el purín va a ser siempre mejor para las tierras que el abono mineral, ya que el suelo necesita materia orgánica para ser fértil y, por mucho abono químico que echemos, a medio plazo vamos a perder rendimiento en las cosechas.

La fosa debe ser utilizada como “un almacén de abono”, que nos permitirá ahorrar dinero en la compra de estos, así como reducir las emisiones de amoníaco y otros gases de efecto invernadero, como el óxido nítrico, que se origina en el suelo después de la aplicación de cualquier fertilizante nitrogenado, sea orgánico o mineral. ►►

**Condiciones meteorológicas más idóneas para la aplicación del purín**  
Adecuar la aplicación del purín en función de las previsiones meteorológicas está considerado en algunos países como Canadá, Holanda, etc. una buena práctica.

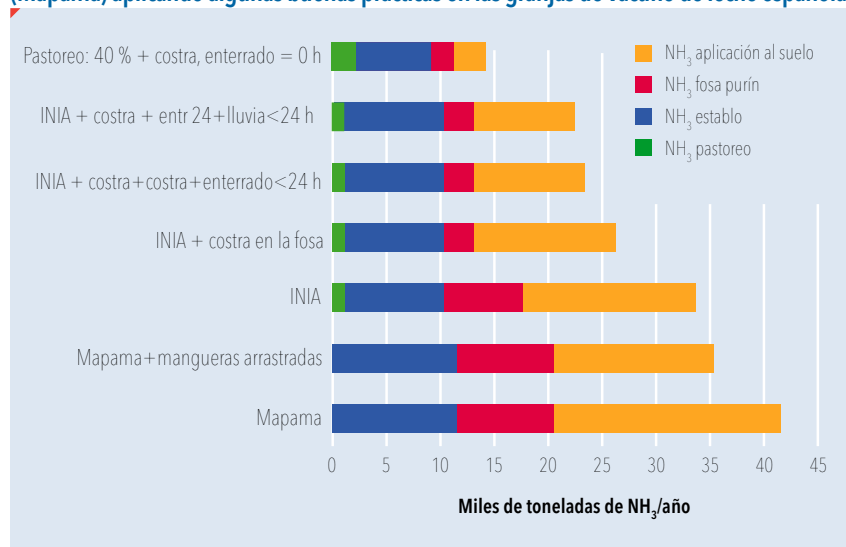
La meteorología puede influir tanto o más en las pérdidas de amoníaco que la maquinaria utilizada para aplicarlo en el suelo; así, por ejemplo, si se aplica el purín en abanico con plato, en el momento que llovizna y se mantiene una lluvia fina, que alcance un mínimo de 5 mm y repartida en las primeras 24 horas, se puede alcanzar una reducción de las emisiones similar a la inyección y muy superior a la aplicación con las mangueras arrastradas.

Otros factores que debemos tener en cuenta son la temperatura, el viento, la humedad relativa y la radiación solar; la mejor época para fertilizar son la primavera o el otoño y, a ser posible, al atardecer (cuando baja la radiación solar, aumenta la humedad relativa, y, por lo general, disminuye la velocidad del viento).

En general, el clima atlántico es mucho más adecuado para el mejor aprovechamiento del purín que el mediterráneo debido a la existencia de un periodo favorable más extenso en cuanto a la temperatura, humedad relativa y días de llovizna (*babuña, chuvia, orbayu, murmia, sirimiri*, etc.), así como menos días de helada y nieve, que permiten un periodo de crecimiento vegetativo de los cultivos más amplio y, por lo tanto, un periodo más largo para poder aprovechar los nutrientes que se aplican con el purín. Asimismo, las temperaturas y la radiación del sol en verano no son tan altas, lo que disminuye las emisiones y proporciona un mejor bienestar animal.

► ESTAS BUENAS PRÁCTICAS PUEDEN SER MÁS EFICIENTES QUE UTILIZAR APEROS COMO LA INYECCIÓN O MANGUERAS ARRASTRADAS Y SIN APENAS COSTE ECONÓMICO

**Figura 6. Estimación de la reducción de emisiones de  $\text{NH}_3$  sobre la situación de referencia (Mapama) aplicando algunas buenas prácticas en las granjas de vacuno de leche españolas**



En la figura 6 aparecen comparadas posibles medidas de reducciones de emisiones de amoníaco que se pueden obtener aplicando una serie de buenas prácticas: duplicación del tiempo de pastoreo, formación de costra en la fosa de purín, enterrado con una grada de discos (inmediato o en menos de 24 horas) del purín después de aplicarlo con el plato y el efecto combinado de la llovizna sobre la situación de referencia del inventario actual de emisiones (Mapama) y comparando con la reducción de emisiones que se conseguiría si el 100 % de las explotaciones de vacuno utilizasen las mangueras arrastradas para aplicar el purín, en vez del plato de choque, tal como pretende el Decreto ministerial.

El ahorro económico en la compra de fertilizantes químicos nitrogenados puede llegar hasta 53 euros por vaca y año (más de 45 millones de euros/año para el conjunto de las explotaciones de vacuno de leche españolas). Estas buenas prácticas pueden ser más eficientes que utilizar aperos como la inyección o mangueras arrastradas y sin apenas coste económico.

#### Resumen de buenas prácticas para la reducción de las emisiones de amoníaco en las granjas de vacuno de leche

En la tabla 1 se describen algunas de las prácticas más aconsejables recogidas en la literatura, así como una valoración comparativa de su coste (pág. sig.). ►►

**Tabla 1. Buenas prácticas para la reducción de las emisiones de amoníaco en las granjas de vacuno de leche**

|                                                                                                   | Factor de reducción | Buenas prácticas: justificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Coste |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>MANEJO DEL GANADO</b>                                                                          |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| Aumento del tiempo de pastoreo                                                                    | XXXXX               | En el pasto la orina se infiltra rápidamente en la tierra, evitando el contacto con el aire. No se suele mezclar la orina con la bosta (que es donde se encuentra la enzima ureasa).                                                                                                                                                | €€€   |
| <b>ALIMENTACIÓN</b>                                                                               |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| Disminución de la proteína en la ración                                                           | XXXX                | En el establo: el exceso de proteína en la ración se elimina en la orina en forma de urea, lo que aumenta las emisiones. En el pasto conviene no fertilizar con mucho nitrógeno y suplementar con alimentos ricos en hidratos de carbono. El contenido de urea en leche es un magnífico indicador del equilibrio o no de la ración. | €€€   |
| <b>ESTABLO</b>                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| Tipo de cama; serrín, paja, corteza de pino                                                       | X?                  | La paja y el serrín absorben la orina y retienen mejor el N.                                                                                                                                                                                                                                                                        | €     |
| Aumentar los pases de arrobadera de limpieza                                                      | X?                  | A mayor limpieza, menor concentración de NH <sub>3</sub> .                                                                                                                                                                                                                                                                          | €     |
| Agua pulverizada                                                                                  | X?                  | Baja la temperatura del establo y diluye la concentración de NH <sub>3</sub> .                                                                                                                                                                                                                                                      | €     |
| <b>FOSA-PURÍN</b>                                                                                 |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| No remover la fosa y coger el purín por debajo de la costra, pero no en el fondo                  | X?                  | Purín con menor MS, más diluido, que será más fácil de infiltrar.                                                                                                                                                                                                                                                                   | €     |
| Purín diluido                                                                                     | XX?                 | Es recomendable, sobre todo, para echar por encima de las praderas, para que infiltre mejor y no haga costra. Es recomendable que tenga una relación 1:1 purín/agua (equivale a un % MS del 6 % aprox.).                                                                                                                            | €     |
| Dejar formar costra en la fosa                                                                    | XX?                 | La costra evita el contacto del purín con la atmósfera, disminuyendo las pérdidas de NH <sub>3</sub> . El material de las camas como el serrín, la paja, cáscara de pino, etc. son los más recomendables                                                                                                                            | €     |
| Aprovechar el último lavado de los circuitos y del tanque de leche para limpiar la sala de espera | X?                  | Reduce las pérdidas de NH <sub>3</sub> por tener este líquido de limpieza, un pH ácido.                                                                                                                                                                                                                                             |       |
| Plantar árboles y setos cerca de la fosa de purín                                                 | X?                  | Reduce la velocidad del viento y, por lo tanto, la evaporación del NH <sub>3</sub> (también reducirá los malos olores).                                                                                                                                                                                                             | €     |
| <b>APLICACIÓN AL SUELO</b>                                                                        |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| Enterrado inmediato con arado                                                                     | XXXXX               | El enterrado evita contacto del purín con la atmósfera. Se necesita otro tractorista para poder ir enterrando detrás.                                                                                                                                                                                                               | €€    |
| Enterrado inmediato con grada de discos                                                           | XXXXX               | Evita rápidamente el contacto con la atmósfera. Se necesita otro tractorista para poder ir enterrando detrás.                                                                                                                                                                                                                       | €     |
| Enterrado antes de 4 horas                                                                        | XXXX                | Menos labor: se puede hacer sin necesitar otro tractorista                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
| Enterrado antes de 12 horas                                                                       | XXX                 | Menos labor: se puede hacer sin necesitar otro tractorista para poder ir enterrando detrás.                                                                                                                                                                                                                                         |       |
| Enterrado antes de 24 horas                                                                       | XXx                 | Menos labor: se puede hacer sin necesitar otro tractorista para poder ir enterrando detrás.                                                                                                                                                                                                                                         |       |
| Inyección superficial < 5 cm                                                                      | XXXXX               | El rendimiento del trabajo es menor (ancho de trabajo más reducido que aspersión y hay que circular a menos velocidad).                                                                                                                                                                                                             | €€€€€ |
| Tubos (mangueras) arrastradas                                                                     | XXX                 | El rendimiento del trabajo es intermedio, sobre todo por la menor velocidad que con la aspersión                                                                                                                                                                                                                                    | €€€   |
| Zapato y tubos arrastrados                                                                        | XXX                 | Evita que el purín contacte con las hojas.                                                                                                                                                                                                                                                                                          | €€€   |
| Plantar árboles y setos en las lindes de las parcelas                                             | X?                  | Reduce la velocidad del viento y, por lo tanto, la evaporación del NH <sub>3</sub> (también reducirá los malos olores).                                                                                                                                                                                                             | €     |
| <b>METEOROLOGÍA</b>                                                                               |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| Temperatura                                                                                       | XX?                 | Procurar echar el purín al atardecer, ya que por la noche bajan las temperaturas y aumenta la humedad relativa y no hay radiación solar.                                                                                                                                                                                            |       |
| Humedad relativa                                                                                  | XX?                 | Procurar echar el purín al atardecer, ya que por la noche aumenta la humedad relativa.                                                                                                                                                                                                                                              | €     |
| Velocidad del viento                                                                              | XX?                 | Procurar echar el purín cuando no hay mucho viento y, en general, al atardecer, ya que suele bajar la velocidad.                                                                                                                                                                                                                    | €     |
| Evitar aplicar el purín en la tierra cuando el sol está alto                                      | X?                  | Procurar echar el purín al atardecer, ya que es más baja la radiación solar.                                                                                                                                                                                                                                                        | €     |
| Lluvia después de la aplicación                                                                   | XXX?                | Echar el purín cuando se espera o ya llovizna.                                                                                                                                                                                                                                                                                      | €     |
| <b>SUELO</b>                                                                                      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| Elevada materia orgánica del suelo (MO)                                                           | X?                  | El ión NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> queda retenido en el complejo orgánico-húmico, formado por la MO, en combinación con la arcilla. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abonado orgánico</li> <li>• Praderas de larga duración</li> <li>• Mínimo laboreo</li> <li>• Cultivo de cobertera en invierno</li> </ul>               |       |
| Mantener una buena estructura del suelo, evitando la compactación                                 | XX                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razas de ganado de poco peso en el pastoreo</li> <li>• No pastorear cuando el suelo está blando</li> <li>• No circular con maquinaria cuando el terreno esté blando</li> </ul>                                                                                                             |       |

Factor de reducción: X "poco efecto"; XXXXX "mucho efecto"

Coste: € ahorro; € gasto

?: es necesario investigar y parametrizar para las condiciones locales (no existen datos en España)