



Manejo de estiércol y purines y sostenibilidad

Pilar Merino

Neiker-País Vasco

Arturo Daudén

CITA-Aragón

Resumen / Abstract

Optimizar la gestión de deyecciones en las explotaciones es un reto del sector que contribuye a dar respuesta a desafíos ambientales, favoreciendo, por tanto, su sostenibilidad tanto en aspectos ambientales como sociales y económicos.

Dada la variedad de sistemas productivos y entornos en que estos se ubican, no es posible proponer una única solución, por lo que resulta necesario para cada caso identificar aquellas estrategias y manejos que, adaptándose a sus características, permitan reducir su impacto ambiental y conservar en lo posible los nutrientes para su uso posterior dentro de un plan de fertilización de cultivos.

En este capítulo se detalla una selección de estrategias y manejos de purines y estiércoles, describiendo los principios en los que se basa su capacidad de minimizar la pérdida de nutrientes e incluso revalorizarlo para su posterior utilización como fertilizante.

Optimising on-farm manure management is a challenge that contributes to increase competitiveness in the livestock sector, favouring sustainability in environmental, social and economic aspects.

Given the variety of production systems and environments in which livestock systems exist, it is not possible to propose a single solution for all of them. It is then necessary to identify those strategies that would reduce environmental impact on each particular case. As a result, nutrients would be available for later use under a crop fertilisation programme.

This chapter details a selection of slurry and manure management strategies, describing the principles underlying their ability to minimise nutrient loss and revalorise them for subsequent use.



1. Introducción

Este capítulo aborda aspectos de la gestión de purines y estiércoles, con el fin de mejorar su aprovechamiento agronómico y disminuir su impacto ambiental en consonancia con las bases de la economía circular y el papel que juega dentro de dicho marco conceptual en la ganadería¹. Optimizar la gestión de deyecciones en las explotaciones es un reto del sector que puede dar respuesta a desafíos ambientales, contribuyendo así a su sostenibilidad. Este enfoque está alineado tanto con el Pacto Verde Europeo como con la Política Agrícola Común (PAC) post-2020, donde se destaca la obtención de alimentos sostenibles con el medioambiente.

El aprovechamiento de las deyecciones ganaderas como fertilizante orgánico se inicia hace 10.000 años en el Neolítico. En la Roma antigua se consideraba el estiércol animal como un recurso, reconociendo su importancia en el desarrollo de la agricultura y ganadería. Incluso existen tratados con indicaciones sobre su manejo, tal y como se señala en Columela (Circa 50 a.C)².

Una gestión adecuada de las deyecciones animales permite mitigar el uso de fertilizante mineral cerrando el ciclo de nutrientes y reduciendo pérdidas de N y P, así como el consumo de energía para la producción de fertilizante mineral. Es por ello que antes de aplicar el purín y el estiércol como fertilizantes conviene conservar el contenido de N y P, para bien ser aprovechados en abonado directo en las dosis, modo y momentos requeridos por el cultivo, o bien para garantizar la máxima recuperación de nutrientes en tratamientos posteriores. El valor fertilizante debe evaluarse no solo respecto a la concentración total de nutrientes, sino considerando su disponibilidad para el cultivo, que dependerá de las condiciones que se tengan lugar en el suelo de los procesos de mineralización, nitrificación, inmovilización o fijación de fósforo.

Conviene diferenciar la eficiencia de nutrientes de los animales con la de todo el sistema productivo. En los animales, parte del N ingerido se excreta –siendo un 45 % del N del alimento retenido por las aves, un 35 % por el porcino, de un 20-30 % por vacuno de leche y un 10-20 % por vacuno de carne–. Sin embargo, en el sistema productivo, la eficiencia en el aprovechamiento del N aumenta con la posibilidad de reciclar dichos nutrientes en los cultivos. No obstante, la eficiencia en el aprovechamiento del N resulta de interacciones complejas, de manera que una mejora en una etapa de la cadena productiva podría ser anulada por un mal manejo en la fase previa o posterior³. Este flujo proporciona oportunidades de aprovechamiento de las deyecciones, aumentando su disponibilidad como recurso y que, además, bien empleado puede reducir su impacto ambiental (Figura 1).

En el aprovechamiento agrícola de las deyecciones animales como fertilizante es trascendente la aplicación de cuatro principios básicos que responden a las preguntas: ¿qué?, ¿cuánto?, ¿cuándo? y ¿cómo? Respuestas coherentes a estas cuestiones nos llevan a destacar la importancia de conocer la composición en nutrientes de las deyecciones, dada su alta variabilidad, a planificar una dosis y un calendario de aplicación adecuados para el cultivo y a utilizar equipos o técnicas de aplicación que eviten la pérdida de nutrientes del suelo.

• • • • •

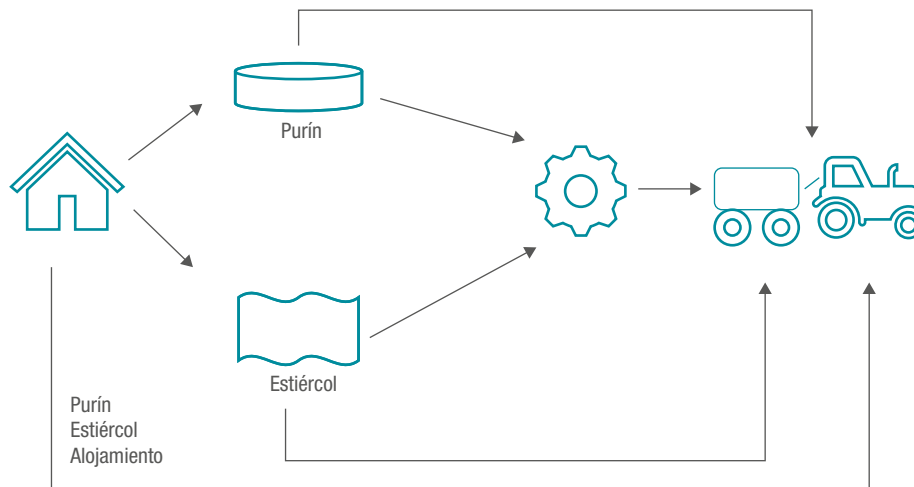
¹ VAN ZATEN *et al.* (2019).

² GONZÁLEZ y RÍOS (2014).

³ FANGHEIRO *et al.* (2021).



Figura 1.
Etapas producción y aprovechamiento agronómico del purín y estiércol



* Se estructura en alojamiento, almacenamiento, tratamiento y aplicación a campo.

En España se producen más de 800.000 t de N en forma de deyecciones ganaderas, de las cuales el 40 % corresponden al ganado vacuno –producción láctea y cárnica–, el 35 % al ganado porcino, el 13 % al avícola y el 12 % al ovino-caprino⁴. El ganado vacuno se concentra principalmente en Castilla y León (22 %), Galicia (14 %), Extremadura (13 %) y Cataluña (10 %), mientras que el ganado porcino lo hace en Aragón (27 %), Cataluña (24 %) y Castilla y León (14 %).

En España, la variedad de zonas productivas existentes, con diferentes densidades ganaderas y condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas (Figura 2), determinan la gestión de las deyecciones como recurso en la explotación. En algunas áreas, la especialización de granjas de producción animal, unida a la concentración regional, puede llevar a un exceso de nutrientes en la zona, principalmente N y P, que pueden liberarse al entorno, pudiendo el N en abundancia –por su mayor movilidad– afectar al suelo, al agua y al aire.

De manera que no es posible proponer una única solución para todas las explotaciones ganaderas. Por tanto, es necesario identificar aquellas estrategias y manejos que, adaptándose a sus características, permitan reducir su impacto ambiental y mantener en lo posible los niveles de nutrientes para su uso posterior dentro de un plan de fertilización de cultivos.

Las deyecciones pueden originarse en zonas con disponibilidad de terreno y con capacidad para asumir la cantidad producida o, por el contrario, en áreas en que la producción de deyecciones sea muy alta para los posibles cultivos receptores, siendo necesario, en este caso, recurrir a acciones que garanticen su aprovechamiento y disminuyan su impacto ambiental. En este sentido, debido al

• • • • • • • •

⁴ EUROSTAT (2019).



elevado contenido en agua de los purines, su transporte hacia zonas deficitarias para su uso agrícola supone un elevado coste, lo que requiere tratamiento previo para contemplar esta acción.

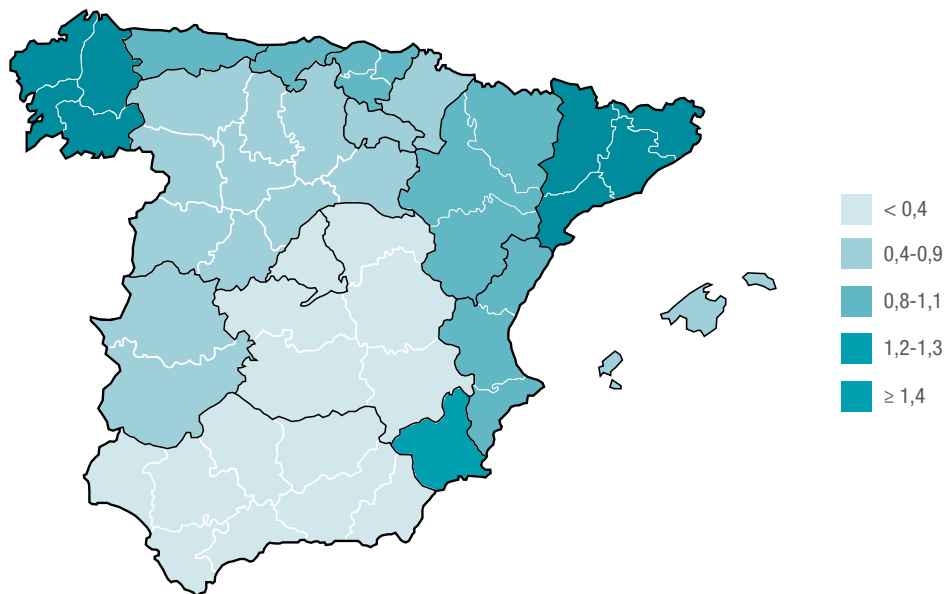
El tratamiento de purín o estiércol, normalmente, no comprende de una sola técnica, sino que engloba una secuencia de diferentes acciones de las cuales la eficacia del proceso y los beneficios medioambientales se pueden ver afectados debido a:

- Las características del purín o del estiércol.
- La idoneidad del tratamiento individual aplicado.

Las medidas deben tomarse desde el inicio productivo, es decir, desde la alimentación del ganado. Las estrategias relacionadas con la alimentación se tratarán en detalle en el apartado 2, que pasamos a desarrollar a continuación.

Figura 2.

Unidades de Ganado Mayor por hectárea de superficie agrícola utilizada



Fuente: Eurostat (2016). Elaboración propia.



2. Alojamiento

2.1. Limpieza regular del suelo y retirada frecuente

Una limpieza frecuente del suelo contribuye a disminuir la superficie de emisión de olores y amoníaco, a la vez que mejora el bienestar animal. Se trata de una práctica ampliamente extendida en alojamientos ganaderos y de fácil implantación, siempre y cuando se disponga de suficiente capacidad de almacenamiento. Dependiendo de la categoría animal y del tipo de alojamiento y suelo, la frecuencia variará, siendo, por ejemplo, de dos veces por semana para avícola de puesta intensiva con cinta y de una vez por semana para los fosos interiores hacia el sistema de almacenamiento exterior en porcino⁵. En vacuno, el uso de arrobadora arrastra las excretas varias veces al día hasta la fosa de almacenamiento.

La menor temperatura a la que se encuentran las deyecciones en el almacenamiento en exterior en comparación con el alojamiento, unido a la presencia de costra natural cuando se den las condiciones para ello, contribuyen a disminuir las pérdidas de nutrientes, siempre y cuando se trate de almacenamiento impermeabilizado en paredes y suelo.

En cuanto a la posible agitación o aparición de turbulencias asociadas al desplazamiento de las excretas desde el alojamiento hasta el almacenamiento, estas pueden dar origen a ciertos picos de emisión de olores, lo cual puede ser un factor a tener en consideración para aquellas explotaciones cercanas a centros de población.

2.2. Material de cama absorbente de orina

Su función principal es actuar de absorbente, reduciendo las emisiones de NH_3 al inmovilizar el N de la orina, si bien las de N_2O podrían aumentar⁶. Existen diferencias en cuanto al tipo de material, cantidad empleada, manejo del mismo y capacidad absorbente⁷. Estas modificaciones afectarán a la estructura física y a la composición química del material retirado. Algunos de los componentes que podemos encontrar son la paja, la colchoneta, los sólidos del separador de purines, la arena, el carbonato cálcico, el serrín, las cascarillas, etc. Es importante que se mantengan lo más limpias y secas posible por razones de salubridad y disminución de emisiones. Las distintas opciones presentan ventajas e inconvenientes que deben valorarse para definir la que mejor se adapte a las necesidades de cada explotación. Esta técnica tiene un coste asociado tanto por la necesidad de compra de material como por su manejo, requiriendo atención especial en los cascos de ganado vacuno por el mayor desgaste que pueden llegar a ocasionar.

• • • • • • • •

⁵ SANTONJA *et al.* (2017).

⁶ SANTONJA *et al.* (2017).

⁷ MISSELBROOK y POWELL (2005).



En el caso de la arena se debe considerar la limpieza de la misma y como afecta al manejo del purín en la fosa su acumulación, junto a la afección al suelo fertilizado con la mezcla de purín y arena a medio o largo plazo.

En cuanto a las camas de carbonato cálcico, proporcionan un material de cama higiénica para el ganado, lo que reduce infecciones provocadas por mamitis o infecciones en pezuñas. Al igual que ocurre con la arena, puede dificultar el manejo del purín en la fosa. Por otra parte, su aplicación a campo tiene efecto encalante.

La cama caliente para vacuno de leche consiste en el uso de paja, en cantidad que puede variar de 1 a 5 kg por animal y día. El tamaño de la paja influye en su capacidad de absorción. Esta opción permite obtener un compost o abono sólido de calidad.

Las gomas o colchonetas son otro sistema, que puede aparecer combinado con otros materiales que permitan asegurar cierto grado de secado.

Aún con escasa presencia en la zona norte de España, en vacuno de leche se emplean como cama los sólidos obtenidos tras someter el purín a una separación en sus fracción sólida y líquida. Este sistema se encuentra más extendido en zonas de clima seco. En Estados Unidos y Holanda llevan años utilizándolos y en España se puede encontrar en el sur y Cataluña, con algunos casos en el norte. Presenta ventajas tanto en aspectos de bienestar animal como de gestión de purines y fertilización. Para su correcto manejo intervienen tanto factores de diseño y ventilación de la instalación como de manejo de la cama, siendo importante mantener seca la capa superficial, removiéndola al menos dos veces al día.

Porcino

La evacuación frecuente del purín de las fosas interiores de las naves, ya sea a través del diseño constructivo o del sistema de vaciado, suponen una mejora en el bienestar animal y en la reducción de emisiones de amoníaco y gases invernadero en el alojamiento. Otra opción es la utilización de sistemas mecánicos que permiten evacuar de forma separada la orina y el agua de las heces como pueden ser el fondo de fosa tipo V, con arrobaderas o cintas transportadoras perforadas.

El enfriamiento del purín mediante sistemas de redes de tuberías e intercambiadores de calor permite llegar a una eficiencia en la reducción de emisiones de amoníaco de entre el 45-75 %⁸. Esta técnica es más económica si existe la opción de aprovechar el calor, por ejemplo, para la calefacción de lechones.

• • • • • • • •

⁸ HUYNH *et al.* (2004).



Avícola

Secado de gallinaza

El secado de la gallinaza en la nave de los sistemas intensivos de jaula es una de las técnicas eficaces para reducir tanto su volumen como las emisiones de NH_3 . Se basa en la reducción de la hidrólisis del ácido úrico⁹. El secado puede llevarse a cabo: a) en el interior mediante aireación forzada sobre la cinta en sistemas de jaula o b) en el exterior mediante el aprovechamiento del aire caliente que se extrae de la ventilación para secar la gallinaza dispuesta en un túnel. Como resultado se consigue un producto con mayor materia seca, que puede llegar hasta el 87 % en verano¹⁰, por lo que puede ser más fácilmente transportado y empleado como fertilizante orgánico.

3. Almacenamiento y tratamiento de deyecciones

Si bien existen tecnologías que facilitan el manejo de las deyecciones animales, reduciendo su impacto medioambiental, la adopción de estas técnicas en la práctica es limitada, especialmente en pequeñas explotaciones ganaderas. En un estudio sobre la implantación de tratamientos de purines y estiércoles en el ámbito europeo, Hou *et al.* (2016) determinaron que la separación, el compostaje y la acidificación se encontraban con mayor frecuencia implantados a nivel de explotación; en tanto que el secado, la digestión anaeróbica y la ósmosis inversa tienen lugar principalmente a escala industrial o colectiva.

Como se ha mencionado previamente, la experiencia de las explotaciones individuales está más ligada a un entorno agroganadero concreto y sus decisiones están limitadas principalmente por las condiciones socioeconómicas locales¹¹. Según el objetivo que se quiera alcanzar, se puede optar por una única técnica o una combinación de varias.

3.1. Cubierta

La presencia de una costra natural o una artificial disminuye la emisión de amoníaco y malos olores hasta en un 90 %¹². El proceso de formación de la costra natural se favorece con purines con materia seca alta. En nuestras circunstancias se da preferentemente en purines de vacuno en condiciones de baja agitación, ausencia de precipitación y temperaturas templadas. Es importante que las paredes y la base sean impermeables para evitar pérdidas de nitratos y filtraciones al suelo. Por otra parte, la presencia de una cubierta artificial impermeable evita la entrada de agua de lluvia, lo que es especialmente interesante en zonas de elevada pluviometría. En algunos países europeos como Holanda y Alemania, el uso de una cubierta en la fosa de purín es obligatorio. La instalación de

• • • • • • • • • •

⁹ GROOTKOERKAMP (1994).

¹⁰ ROSA *et al.* (2020).

¹¹ ASAI *et al.* (2014).

¹² HÖRNIG *et al.* (1999).



una cubierta continua de material impermeable (PVC, geomembranas, etc.) para fosas de grandes dimensiones puede suponer un coste elevado. Estos sistemas requieren disponer de salida de gases. Como alternativa más económica existen en el mercado diferentes cubiertas flotantes, que se adaptan a la forma de la superficie de la balsa y pueden ser de material permeable o impermeable (paja, gránulos de arcilla, piezas ensambladas de polipropileno, etc.).

3.2. Almacenamiento estiércol en seco/almacenamiento sólido sobre cemento

Se trata de una de las opciones de almacenamiento más económicas. Consiste en sacar y acumular en el exterior el estiércol o la fracción sólida tras la separación del purín. Un almacenamiento adecuado debe minimizar pérdidas de nutrientes al aire, agua y suelo. Para ello debe asentarse sobre una superficie impermeable, con una ligera pendiente (1-3 %) para permitir su drenaje a una zona de recogida o bien un filtro verde. Cubrirla con una lona de material plástico mitigará olores, emisiones gaseosas y de líquido, y la presencia de insectos.

Durante su almacenamiento tienen lugar procesos de descomposición de la materia orgánica apilada en condiciones anaerobias, dando lugar a una separación lenta de la materia orgánica y malos olores. Se pueden reducir las emisiones gaseosas una vez se ha producido un secado de la capa exterior del estiércol si la pila se mantiene inalterada.

3.3. Compostaje

El material sólido (estiércol o fracciones sólidas de la separación sólido/líquido del purín) almacenado puede dar lugar a la obtención de un compost de interesante aplicación como fertilizante orgánico, siempre que se den las condiciones para que el proceso se desarrolle adecuadamente (humedad, relación C/N, tasa de degradación del carbono y porosidad). Para que tenga lugar la descomposición y estabilización de la materia orgánica en condiciones aerobias se requerirá el suministro de oxígeno de manera regular, bien a través de aireación o bien mediante operaciones de volteo de la pila. Como resultado se obtendrá un producto con menor volumen (40-50 %) e higienizado, debido a las altas temperaturas alcanzadas en su interior.

En el mercado existen equipos de compostaje intensivo para su instalación en la explotación y que permiten reducir considerablemente el tiempo del proceso. Estos equipos deben garantizar que se evita la liberación de lixiviados al medio y que los gases emitidos son depurados. En España se encuentra alguna instalación operativa para el tratamiento de gallinaza.



3.4. Aditivos comerciales

Hay una amplia oferta de productos comerciales cuyo uso en explotaciones tiene como objetivo reducir malos olores, disminuir emisiones de NH_3 , evitar formación de espumas, facilitar el manejo del purín a la hora de vaciar la fosa, etc. Su tipología también es muy variada, pueden ser: complejos de microorganismos y enzimas, extractos de plantas, agentes oxidantes, desinfectantes, inhibidores de la ureasa, acidificantes, sustancias enmascarantes, adsorbentes, biochar, etc. Si bien, habitualmente se comercializan para cumplir una función determinada, muchos de ellos se presentan con funcionalidad múltiple. Se trata de una opción altamente disponible en el mercado, aunque demostrar su eficacia en la mayoría de los casos es difícil. Es sabido que las emisiones de NH_3 pueden disminuir mediante el uso de sustancias acidificantes y adsorbentes. Para su uso a escala real siempre se deben tener en cuenta aspectos relativos a posibles cambios en el manejo del purín, por variaciones en su estructura y/o composición. La eficacia de cada compuesto depende en gran medida de la dosificación correcta, del momento adecuado y de una buena mezcla. En ocasiones es necesario mezclar un gran volumen de estiércol con el aditivo en una fosa o laguna. En estos casos, los resultados obtenidos pueden depender mucho más de la eficacia de la mezcla que del aditivo¹³.

3.5. Separación sólido líquido

La separación de los purines —en una fracción líquida y en otra relativamente sólida— permite concentrar la materia seca, el N y el P orgánicos en la fracción sólida. La líquida contiene la mayor parte del contenido de NH_4^+ -N y potasio (K) del purín original. La separación de la parte líquida de la materia seca mejora la manejabilidad del líquido durante el bombeo y la aplicación al suelo¹⁴. Como otros objetivos de la separación podemos citar: eliminación de sólidos para facilitar el tratamiento biológico del líquido, revalorización de la fracción sólida tras un proceso de compostaje, concentración del purín previamente a la digestión anaerobia, eliminación del exceso de fósforo en el líquido separado, reducción de malos olores, etc. Esta separación puede producirse lentamente por sedimentación natural o de forma acelerada a través del uso de diferentes equipos. La sedimentación es interesante por su bajo coste, siempre y cuando el tiempo de permanencia del purín en la fosa no sea un problema. Existe una amplia gama de separadores de purines en cuanto al procesado como prensas de tornillo, centrífugas, filtros de tambor, etc., que se utilizan actualmente en diferentes escalas de explotación. El grado de separación de los nutrientes entre las fracciones líquida y sólida depende en gran medida de su respectiva solubilidad, de su asociación con las partículas de los purines y de la técnica de separación utilizada¹⁵. Además, con el fin de aumentar la eficiencia, se pueden aplicar varios pretratamientos de los purines que alteran las características químicas y físicas del afluente de separación tales como acidificación, floculación o coagulación.

13 FLOTATS *et al.* (2011).

14 GUILAYN *et al.* (2018).

15 HJORTH *et al.* (2010).



Para una granja determinada, la selección de la tecnología de separación o la combinación de ellas depende de las características de los purines iniciales y de los objetivos específicos del plan de gestión del estiércol. Los tratamientos a escala industrial con herramientas avanzadas, destinadas a la recuperación de nutrientes a partir de residuos orgánicos, se basan en la separación inicial de los purines y en la producción de dos fracciones con características distintas.

El impacto de la separación de los purines en las emisiones gaseosas depende en gran medida del estiércol crudo, así como de las condiciones de almacenamiento y de la gestión de las fracciones líquida y sólida resultantes. El menor contenido en materia seca de la fracción líquida no generará una costra, por lo que pueden tener lugar emisiones de NH_3 durante el almacenamiento en ausencia de una cubierta. Sin embargo, se facilita su distribución en campo, ya que penetra más rápidamente en las capas inferiores del suelo, lo que supone menores emisiones de NH_3 y olores, aunque es necesario aplicar a dosis requeridas por el cultivo en el momento oportuno, evitando riesgos de lixiviación de nitratos.

3.6. Secado excretas sólidas y peletización

El proceso de secado de estiércol, fracción sólida tras previa separación sólido-líquido del purín o gallinaza, tiene como objetivo facilitar su almacenamiento y manejo, disminuyendo los riesgos de emisiones de amoníaco y olores, y la proliferación de insectos.

La peletización del producto ya secado supone un coste asociado, requiriendo, además, un importante consumo energético. Su ventaja es que facilita su uso en equipamientos de abonado, siempre y cuando se ajuste a los requisitos del equipo que se empleará en su distribución, ampliando su aplicación no solo a fondo, sino también en cobertera.

3.7. Digestión anaerobia

La digestión anaeróbica no es una tecnología que permita reducir la carga de nutrientes ni el volumen de producto final a gestionar, pero tiene otros beneficios ambientales. Además de ser una fuente sostenible de energía renovable, es una tecnología que ha demostrado ser especialmente efectiva para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del estiércol, la emisión de olores, el contenido en patógenos y la viabilidad de semillas de malas hierbas. También, contribuye a la estabilización de la materia orgánica de forma similar al compostaje e incrementa la relación $\text{N}_{\text{amoniaco}}:\text{N}_{\text{total}}$. El digerido resultante es un producto más uniforme que el purín en cuanto a la composición y facilita la aplicación de otros procesos de tratamiento en fases posteriores.

Su aplicación en la propia granja se limita a explotaciones de elevado tamaño por su coste de inversión. En instalaciones de uso colectivo se pueden integrar, además de los purines, otros flujos de estiércoles sólidos, gallinaza o materia orgánica, que incrementan la producción de energía y facilitan su viabilidad económica.



3.8. Tecnologías de recuperación de nutrientes

Las tecnologías de tratamiento con mejor perspectiva de futuro son las que están diseñadas con el objetivo de la recuperación de nutrientes o de incrementar su concentración, de modo que los productos finales puedan exportarse a otras zonas con menor presión ambiental y necesidad de aporte de nutrientes, o bien utilizarse como materia prima para la producción de biofertilizantes.

Entre estas tecnologías se encuentran las que van dirigidas a capturar el N en forma de NH_3 con ácidos (ácido nítrico, ácido sulfúrico) para obtener productos finales valorizables como fertilizantes, el sulfato amónico o el nitrato amónico. Hay distintos procesos de este tipo conocidos como *stripping* o *scrubbing* o membranas de contacto.

También se han aplicado procesos progresivos de separación física mediante filtración por membranas, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa, que permiten obtener fracciones con una concentración de nutrientes más elevada y una fracción final, aproximadamente el 50 % del volumen, altamente depurada¹⁶.

Teniendo en cuenta el estado de implementación, el desarrollo técnico y los aspectos económicos, la precipitación/cristalización de estruvita, la absorción de amoníaco con ácido y la filtración son las mejores tecnologías disponibles para la recuperación de nutrientes como productos fertilizantes comercializables¹⁷.

4. Aplicación a suelo

4.1. Inyección, tubos colgantes

La aplicación en bandas mediante tubos colgantes reduce la superficie de contacto del purín con el aire y permite evitar la volatilización de amoníaco en un 30-35 %, en comparación con la aplicación tradicional en abanico. Si se aplica como abonado de cobertera sobre el cultivo, la cubierta vegetal contribuye también a reducir estas emisiones y se alcanzan porcentajes de hasta el 60 %.

La aplicación con sistemas de inyección permite el enterrado directo del purín, evitando el contacto con el aire y consiguiendo reducir las emisiones de amoníaco hasta en un 90 %.

Los sistemas de aplicación que impiden la volatilización del amoníaco simultáneamente, permiten reducir la emisión de olores, que es uno de los factores de mayor impacto social que limitan el uso de los purines como fertilizante.

• • • • • • • • • •

¹⁶ LEDDA *et al.* (2013).

¹⁷ VANECKHAUTE *et al.* (2017).



4.2. Inhibidores

Hoy día, los inhibidores de la ureasa y de la nitrificación se comercializan para su aplicación con fertilizantes orgánicos con el fin de disminuir las pérdidas de N en forma de NH_3 y N_2O , respectivamente. Inicialmente, podían encontrarse en el mercado formulados junto al fertilizante mineral, existiendo numerosos estudios sobre su eficacia en laboratorio y en campo desde los años 1960¹⁸. Se basan en su capacidad para inhibir la actividad ureasa o de las enzimas que oxidan el ion amonio, respectivamente, pudiendo reducir pérdidas de N por volatilización, desnitrificación y lixiviación¹⁹. No obstante, su eficiencia es muy variable, dependiendo en gran medida del clima (precipitación y temperatura) y de las características del suelo y su manejo, del cultivo y, por supuesto, del inhibidor de que se trate. Parece ser que su eficacia puede ser menor bajo temperaturas cálidas²⁰. Igualmente, existen trabajos con resultados distintos en cuanto al comportamiento de dichos inhibidores en condiciones de precipitación elevada²¹.

4.3. Plan de gestión de purines

Supone una gestión integral de los purines y estiércoles, actuando desde el origen (a través de la alimentación) hasta su final uso agrícola, pasando por las etapas descritas anteriormente de alojamiento, almacenamiento y tratamiento, donde se pueden tomar diferentes medidas para reducir la pérdida de nutrientes al aire, suelo y aguas. El plan de gestión puede ser individual o colectivo, incluyendo, en este caso, la participación de diferentes actores o colectivos agrarios y ganaderos.

El plan de fertilización se ha de confeccionar a partir del conocimiento de los ciclos de los cultivos receptores, características de los suelos en que se encuentran (textura, pendiente, etc.), climatología, riqueza y disponibilidad en nutrientes, modo de aplicación de los fertilizantes orgánicos, limitaciones legislativas y coste. Es decir, no resulta imprescindible la adopción de tecnologías de tratamiento complejas, especialmente en zonas de menor densidad ganadera. En estos casos, se conseguiría una notable mejora considerando algunos aspectos de manejo en la explotación o participando en grupos de ganaderos y agricultores que conecten el recurso disponible por las explotaciones ganaderas con los cultivos receptores.

La experiencia adquirida con el proyecto Life Eswamar y el posterior desarrollo de otras iniciativas ha puesto de manifiesto las ventajas de la gestión colectiva a través de centros gestores de estiércoles (CGE). Se requiere personal técnico formado en fertilización y conocedor de la idiosincrasia de ganaderos y agricultores para aunar intereses.

18 QIAO *et al.* (2015).

19 WANG *et al.* (2020).

20 BARNEZE *et al.* (2015); PIETZNER *et al.* (2017) y MERINO *et al.* (2005).

21 NAIR *et al.* (2020).



Referencias bibliográficas

ASAI, M.; LANGER, V.; FREDERIKSEN, P. y JACOBSEN, B. H. (2014): «Livestock farmer perceptions of successful collaborative arrangements for manure exchange: A study in Denmark»; *Agricultural Systems*.

BARNEZE, A. S.; MINET, E. P.; CERRI, C. C. y MISSELBROOK, T. (2015): «The effect of nitrification inhibitors on nitrous oxide emissions from cattle urine depositions to grassland under summer conditions in the UK»; *Chemosphere* 119; pp. 122-129.

EUROSTAT (2016): en https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Map1_Livestock_density_NUTS2_EU-28_2016.png.

EUROSTAT (2019): https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=agr_r_animal&lang=en.

FANGHEIRO, D.; MERINO, P.; PANTELOPOULOS, A.; JOSÉ, L. S.; PEREIRA, J. L. S.; BARBARA AMON, B. y CHADWICK, D. R. (2021): «The implications of animal manure management on ammonia and greenhouse gas emissions»; en *Tech for Env Friendly Livest Prod*. Chapter 5. En prensa.

FLOTATS, X.; LYNGSØ FOGED, H.; BONMATI BLASI, A.; PALATSI, J.; MAGRI, A. y MARTIN SCHELDE, K. (2011): «Manure processing technologies»; *Technical Report II. Concerning «Manure Processing Activities in Europe»* to the European Commission. Directorate-General Environment. pp. 184.

GONZÁLEZ MARRERO, J. A. y RÍOS LONGARES, R. (2014): «Técnicas para fertilizar el suelo en Roma: Los tratados de agricultura»; *Fortunatae* 25; pp. 183-197.

GROOTKOERKAMP, P. W. G. (1994): «Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design, and manure handling»; *J. Agric Engng Res* 59; pp. 73-87.

GUILAYN, F.; JIMENEZ, J.; ROUEZ, M.; CREST, M. y PATUREAU, D. (2018): «Digestate mechanical separation: efficiency profiles based on anaerobic digestion feedstock and equipment choice»; *Bioresour. Technol.* 274; pp. 180-189.

HOU, Y.; VELTHOF, G. L.; CASE, S. D. C.; OELOFSE, M.; GRIGNANI, C.; BALSARI, P.; ZAVATTARO, L.; GIOELLI, F.; BERNAL, M. P.; FANGUEIRO, D.; TRINDADE, H.; JENSEN, L. S. y OENEMA, O. (2016): «Stakeholder perceptions of manure treatment technologies in Denmark, Italy, the Netherlands and Spain»; *Journal of Cleaner Production* 172; pp. 1-11.

HÖRNIG, G.; TUK, M. y WANKA, U. (1999): «Slurry Covers to reduce Ammonia Emission and Odour Nuisance»; *J. Agric. Engng Res.* 73; pp. 151-157.

HJORTH, M.; CHRISTENSEN, K. V.; CHRISTENSEN, M. L. y SOMMER, S. G. (2010): «Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice»; *A review. Agron. Sustain. Dev.* 30; pp. 153-180.



HUYNH, T. T. T.; AARNINK, A. J. A.; SPOOLDER, H. A. M.; VERSTEGEN, M. W. A. y KEMP, B. (2004): «Effects of floor cooling during high ambient temperatures on the lying behavior and productivity of growing finishing pigs»; *Transactions of the ASAE* 47(5); pp. 1773.

LEDDA, C.; SCHIEVANO, A.; SALATI, S. y ADANI, F. (2013): «Nitrogen and water recovery from animal slurries by a new integrated ultrafiltration, reverse osmosis and cold stripping process: A case study»; *Water research* 47(16); pp. 6157-6166.

MERINO, P.; MENÉNDEZ, S.; PINTO, M.; GONZÁLEZ-MURUA, C. y ESTAVILLO, J. M. (2005): «3,4-Dimethylpyrazol phosphate reduces N₂₀ emissions from grassland after slurry application»; *Soil Use and Management* 21; pp. 53-57.

MISSELBROOK, T. H. y POWELL J. M. (2005): «Influence of Bedding Material on Ammonia Emissions from Cattle Excreta»; *J. Dairy Sci.* 88; pp. 4304-4312.

NAIR, D.; KHAGENDRA, R. B.; ABALOS, D.; STROBEL, B. W. y PETERSEN, S. O. (2020): «Nitrate leaching and nitrous oxide emissions from maize after grass-clover on a coarse sandy soil: Mitigation potentials of 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP)»; *Journal of Environmental Management* 260; pp. 110-165.

PIETZNER, B., RÜCKNAGELA, J.; KOBLENZA, B.; BEDNORZA, D.; TAUCHNITZB, N.; BISCHOFFB, J.; SARAH KÖBKEC, S.; MEURER, K. H. E.; MEISSNERE, R. y CHRISTEN, O. (2017): *Soil and tillage research* 169; pp. 54-64.

QIAO, C.; LIU, L.; HU, S.; COMPTON, J. E.; GREAVER, T. L. y LI, Q. (2015): «How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input»; *Global Change Biology* 21; pp. 1249-1257.

ROSA, E.; ARRIAGA, H. y MERINO, P. (2020): «Ammonia emission from a manure-belt laying hen facility equipped with an external manure drying tunnel»; *Journal of Cleaner Production* 251.

SANTONJA, G. G.; GEORGITZIKIS, K.; SCALET, B. M.; MONTORBIO, P.; ROUDIER, S. y SANCHO, L. D. (2017): *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs*. EUR 28674 EN; <https://doi.org/10.2760/020485>.

VAN ZATEN, H. H. E.; VAN ITTERSUM, M. K. y DE BOER, I. J. M. (2019): «The role of farm animals in a circular food system»; *Global Food Security* 21; pp. 18-22.

VANEECKHAUTE, C.; LEBUF, V.; MICHELS, E.; BELIA, E.; VANROLLEGHEM, P. A.; TACK, F. M. y MEERS, E. (2017): «Nutrient recovery from digestate: systematic technology review and product classification»; *Waste and Biomass Valorization* 8(1); pp. 21-40.

WANG, H.; KÖBKE, S. y DITTERT, K. (2020): «Use of urease and nitrification inhibitors to reduce gaseous nitrogen emissions from fertilizers containing ammonium nitrate and urea»; *Global Ecology and Conservation* 22; pp. 1-11.