

Técnicas de gestión de deyecciones en zonas de alta densidad ganadera

En los últimos años hemos pasado de hablar de “verter purines al campo” a “fertilizar con purines”. Este cambio de nomenclatura es indicativo de una evolución positiva en el sector.

X. Flotats¹ y A. Bonmatí²

¹ GIRO Unidad Mixta IRTA-UPC y Universidad Politécnica de Cataluña.

² GIRO Unidad Mixta IRTA-UPC.



Imagen 1. Equipo de transporte y aplicación del purín.

Estamos aprendiendo que no debe abordarse la problemática de las deyecciones como algo independiente de la producción animal. La gestión de las deyecciones es una actividad que ha de formar parte íntegra de la producción ganadera, tan primaria como la alimentación o el control sanitario y estrechamente relacionada con estas.

Actualmente el mercado ofrece a los ganaderos una gran cantidad de alternativas tecnológicas para el tratamiento de las deyecciones, pero sería un error considerar únicamente la tecnología como la solución a los problemas de contaminación ocasionados por las mismas. La solución es siempre una combinación de gestión y tecnología en la que la elección de esta última ha de ser resultado de los estudios realizados para diseñar el plan

de gestión de los nutrientes (PGN). En zonas de alta densidad ganadera, la gestión colectiva permite optimizar la logística de transporte y aplicación, así como la estrategia de procesado de deyecciones.

Introducción

En la actualidad en Europa se producen unos 1.400 millones de toneladas de deyecciones al año de las que se estima que se tratan el 7,8% (Foged *et al.*, 2011a), básicamente en zonas de alta densidad ganadera y a fin de cumplir con la Directiva Nitratos (91/976/CE). La herramienta básica de toma de decisiones es el plan de gestión de las deyecciones o PGN, definido como un conjunto de acciones conducentes a adecuar su producción a la demanda de los suelos agrícolas como productos de calidad. Este conjunto de acciones debe incluir la mi-

nimización de componentes limitantes (por ejemplo, reducción del contenido en agua de las deyecciones mediante la desviación de aguas pluviales o el control de bebederos, la reducción del contenido en metales pesados, nitrógeno o fósforo mediante cambios en la alimentación del ganado, etc.); un plan de fertilización de suelos; el análisis territorial de la distribución de granjas y cultivos, y de costes de transporte; y el análisis de posibles tratamientos conducentes a la mejora de la gestión.

Cuando en una determinada zona la cantidad de nutrientes producidos es superior a la demanda, la complejidad del sistema hace necesario un mayor nivel de planificación, lo cual significa un cambio de escala de análisis y de gestión, de individual a colectiva. La diferenciación en la escala de planificación de la

gestión es, pues, un factor clave para posteriores implantaciones de instalaciones de tratamiento individuales, a escala de granja, colectivas–centralizadas o combinadas individuales/colectivas. La decisión sobre la escala de tratamiento y su complejidad tecnológica ha de resultar de la planificación de la gestión.

Factores de toma de decisión

En la Unión Europea, la Directiva Nitratos ha sido la principal fuerza impulsora para el desarrollo y aplicación de métodos de gestión adoptando planes de fertilización adaptados a las necesidades locales de suelos y cultivos. A partir del establecimiento y aplicación de los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias, los ganaderos deben tomar decisiones, diseñar y aplicar PGN. Estos PGN incluyen la adopción de estrategias de gestión focalizadas en la minimización del volumen de las deyecciones y la producción de nutrientes, la optimización del transporte y la organización del plan de fertilización. Finalmente, y en función de las condiciones locales, del grado del problema a resolver y de los objetivos a cumplir, también deben incluir la adopción de diferentes estrategias tecnológicas de tratamiento.

Los factores de diseño del PGN están relacionados con la escala geográfica de análisis. Se pueden considerar varias situaciones dependiendo de la relación entre propietarios de granjas y de tierras de cultivo. Estas situaciones llevan a plantear los siguientes escenarios:

- Equilibrio de nutrientes a nivel de granja. Este escenario comporta una planificación individual a nivel de granja y hace posible una gestión simple y relativamente barata. La complejidad sólo aparece cuando es interesante producir biogás. En este caso, el factor limitante para la toma de decisión será el beneficio definido por el balance energético. Las instalaciones deben tener un diseño simple y el ganadero debe integrar las operaciones de mantenimiento en las tareas usuales de gestión de la granja.
- Equilibrio de nutrientes a nivel de zona geográfica (uniendo un ganadero y uno o varios agricultores). El transporte puede ser el factor limi-

Cuadro 1. Factores que influyen la decisión sobre el tratamiento conjunto o individual.

Gestión y tratamiento colectivo/centralizado

- Actividad económica de la zona: industrial, ganadera, turística, servicios, residencial...
- Alta densidad e intensidad geográfica de granjas
- Impacto general del transporte de deyecciones: bajo
- Existencia de fuerte liderazgo de algunos granjeros o empresa cualificada
- Existencia de otros residuos orgánicos (codigestión-biogás) para ayudar económicamente
- Usos potenciales de calor residual (*district heating*, usos en planta...)
- Existencia de tecnólogos y consultores profesionales
- Tratamiento centralizado como servicio a la gestión colectiva de la zona
- Variables sociales: ¿es fácil unir a los ganaderos en un proyecto común?

Gestión y tratamiento individual en granja

- Perfil económico de la zona: industrial, ganadero, turístico, servicios, residencial...
- Impacto general del transporte de deyecciones: alto
- Grado de involucración del ganadero
- Usos de la energía térmica en la granja (si planta de biogás)
- Existencia de tecnólogos y consultores profesionales
- Instalaciones de tratamiento completamente integradas en la granja
- Simplicidad en el diseño y en la operación de las instalaciones de tratamiento

“ La eliminación de nitrógeno mediante el proceso de nitrificación-desnitrificación ha sido implantado, sobre todo, en la Bretaña francesa

tante y los procesos de tratamiento se deben modular para minimizar este coste. Un sistema de separación sólido/líquido (S/L) puede ayudar a reducir el coste de transporte.

- Lo mismo que el escenario anterior, pero combinando varios ganaderos y varios agricultores. Este escenario requiere de una gestión colectiva que puede comportar un tratamiento centralizado o combinado individual-conjunto para reducir los costes globales de gestión y transporte. En este caso, el PGN y su aplicación es el factor limitante, mientras que el tratamiento adoptado lo debe ser en menor medida.
- Exceso de nutrientes en la zona geográfica (uniendo muchos ganaderos y agricultores). Cuando el coste de

transporte, tratamiento colectivo y aplicación agrícola es menor que el tratamiento individual y aplicación agrícola, la aproximación colectiva será la mejor solución. El objetivo de la planificación de la gestión es orientar el plan de fertilización y el establecimiento del procedimiento para transformar el exceso en productos para ser transportados, vendidos o utilizados en otra zona geográfica con demanda de nutrientes. En este escenario, tanto la gestión como el tratamiento son factores limitantes. Los dos se deben diseñar, implementar y operar siguiendo la directriz de mínima complejidad, pero teniendo en cuenta que éste es un proyecto complejo con muchas variables a tener en cuenta. >>

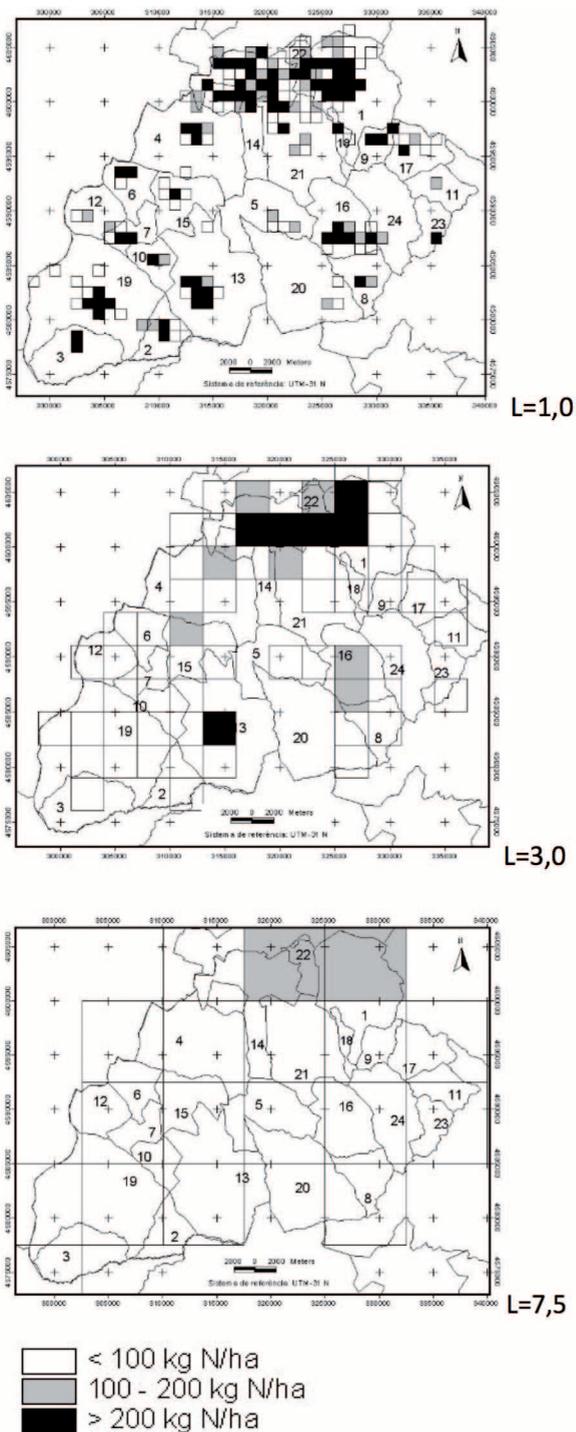


Figura 1. Densidad de generación anual de nitrógeno de origen ganadero (kg N/ha) en cuadrículas de superficie creciente (L: lado de la cuadrícula en km) en la comarca de Les Garrigues (Teira-Esmatges y Flotats, 2003).

En el Cuadro 1 se indican factores que influyen la decisión sobre la adopción de estrategias individuales o colectivas.

Densidad de granjas e intensidad en la producción de deyecciones

La tendencia general en la producción de proteína animal es la concentración y la especialización en determinadas zonas

geográficas. Este hecho crea un problema especial de exceso de deyecciones en estas áreas. Estos clusters regionales se forman usualmente alrededor de ventajas económicas, ligadas a condiciones climáticas, la existencia de infraestructuras tales como fábricas de pienso, la concentración de profesionales y operarios especializados y la proximidad a los

inputs productivos (Hegg, 2008). Con el fin de identificar estas áreas con mayor densidad de granjas y también con mayor intensidad en la producción de deyecciones, donde una gestión centralizada puede resultar ventajosa para los ganaderos, Teira-Esmatges y Flotats (2003) desarrollaron un método consistente en el cálculo de la densidad de generación anual de nitrógeno de origen ganadero (kg N/ha) en cuadrículas de superficie creciente (Figura 1).

Cuando se incrementa la superficie de la cuadrícula, dentro de la cual se estima la producción de nitrógeno, ésta se diluye si la densidad de granjas es baja, mientras que si la cuadrícula contiene grandes explotaciones ganaderas, o muchas granjas muy cercanas, se mantiene un valor elevado en la densidad de generación. Estas áreas siempre se corresponden con una alta densidad de ganadería y, por tanto, una planta de tratamiento centralizado localizada en estas zonas minimizará los costes de transporte. Un ejemplo podría ser una separación S/L de purines en granja y un tratamiento colectivo de la fracción sólida para producir compost. En todo caso, una gestión colectiva, aunque sea con tratamiento individual, ha de mejorar la logística y los costes globales.

Costes de transporte

El coste de transporte suele ser uno de los limitantes importantes a considerar cuando se planifica la gestión de las deyecciones. Este coste varía en función de la distancia y el volumen transportado y su incidencia cambia considerablemente en función del valor económico de los nutrientes transportados o del valor de la materia orgánica biodegradable como fuente de energía. Así pues, la distancia máxima de transporte permisible depende del valor económico de lo que se transporta. El transporte de purines mediante tubería puede representar una alternativa económica en zonas de alta densidad ganadera, reduciendo el tráfico en carretera, riesgo de accidentes, generación de malos olores, emisiones de CO₂ y resistencias vecinales a la implantación de plantas centralizadas. En el Maestrazgo puede encontrarse un sistema de transporte por tubería para distribuir los purines como fertilizantes

Cuadro 2. Estrategias tecnológicas basadas en la gestión del nitrógeno.

	Objetivo	Comentario
Estrategias basadas en la recuperación del nitrógeno		
Separación de fases	Separación de deyecciones en una fase líquida y una fase sólida para favorecer otros tratamientos o para una gestión diferenciada	Aplicable a deyecciones líquidas (purines)
<i>Stripping</i> de amoníaco y absorción	Recuperación de nitrógeno en forma de sal amoniacal o aguas amoniacales	Aplicable a fracciones líquidas. La digestión anaerobia previa favorece el proceso
Concentración térmica (evaporación al vacío y secado)	Concentración de nutrientes para favorecer el transporte	La evaporación de puede aplicar a fracciones líquidas y el secado a concentrados y deyecciones sólidas. La digestión anaerobia previa favorece el proceso
Precipitación de sales de amonio (estruvita)	Recuperación de nitrógeno en forma de sales de fósforo y amonio	Aplicable a fracciones líquidas. Procesos previos de reducción en el contenido de materia orgánica (digestión anaerobia) favorecen el proceso
Compostaje	Recuperación de nitrógeno en forma orgánica	Deben prevenirse las pérdidas de amonio por volatilización
Estrategias basadas en la eliminación del nitrógeno		
Nitrificación-desnitrificación (NDN)	Eliminación mediante oxidación del amonio a nitrito/nitrato y posterior reducción a N ₂ gas	Aplicable a fracciones líquidas. Se requiere materia orgánica biodegradable para la desnitrificación
Nitrificación parcial - oxidación anaerobia de amonio (NP - anammox)	Eliminación mediante nitrificación parcial del amonio a nitrito y posterior reducción a N ₂ gas	Aplicable a fracciones líquidas. Debe eliminarse la materia orgánica pues es contraproducente. Menores requerimientos energéticos que el NDN convencional

hasta campos de cultivo (Hernández y Fernández, 2009).

El coste de transporte puede ofrecer un criterio simple para decidir la conveniencia de una tecnología de tratamiento. En este contexto, un tratamiento puede ser atractivo si el coste global de tratamiento, transporte y aplicación agrícola de los efluentes tratados es menor que el transporte y aplicación directa a los suelos accesibles a las dosis adecuadas (Campos *et al.*, 2004). Por ejemplo, en la zona excedentaria del norte de la comarca de Les Garrigues (Figura 1), se concluyó que la concentración mediante evaporación al vacío de purines, con producción previa de biogás, era interesante si el coste de tratamiento era menor que el coste de transporte de purines a distancias superiores a 100 km, mientras que en el sur la solución idónea fue el compostaje.

“ Se estima que se trata el 7,8% de las deyecciones que se producen al año en Europa ”

Yagüe *et al.* (2008) estudiaron el coste de transporte de purines de cerdo a fin de decidir la distancia máxima que permite económicamente la sustitución de fertilizante mineral. Evaluaron dos tipos de transporte: propiedad del ganadero o servicio centralizado. Este último permitiría optimizar la logística, el tiempo de utilización de los equipos y su amortización y, por tanto, una mejor evaluación económica. Sin necesidad de llegar a instalaciones de tratamiento centralizado, la gestión conjunta y la centralización de los servicios de recogida, trans-

porte y aplicación, los llamados centros de gestión, puede representar una opción ventajosa.

Estrategias tecnológicas de tratamiento

Un tratamiento es una combinación de procesos unitarios conducentes a modificar las características de las deyecciones, a fin de adecuarlos a las necesidades puestas de manifiesto en el PGN, diseñado en función de los condicionantes locales. No existe una solución tecnológica única aplicable en cualquier circunstancia >>>



Imagen 2. Camión descargando purín en el depósito de almacenamiento intermedio con capacidad para 1.500 m³.

“ El coste de transporte suele ser uno de los limitantes importantes a considerar cuando se planifica la gestión de las deyecciones

y, obviamente, no existe ningún proceso capaz de eliminar las deyecciones. Tan solo las concentraciones de nitrógeno y materia orgánica pueden reducirse transformando el nitrógeno en N₂ gas y el carbono orgánico en una forma reducida (metano) o bien oxidada (CO₂). El nitrógeno es el único nutriente que puede ser eliminado o recuperado y, por tanto, las estrategias tecnológicas se pueden clasificar teniendo en cuenta este hecho (Cuadro 2).

La separación de fases S/L se puede aplicar como método simple para mejorar la capacidad de gestión. Permite separar en una fracción sólida, que puede ser compostada en la propia granja, transportada a larga distancia o transferida a una planta de compostaje centralizada; y en una fracción líquida, que puede usarse en los cultivos más cercanos utilizando sistemas de irrigación o puede ser sometida a posterior tratamiento específico. La eficiencia depende del tipo de máquina utilizada, pero,

sobre todo, de la edad de los purines; cuanto más tiempo se tarda desde la generación de las deyecciones hasta la separación peor es la eficiencia (Kunz *et al.*, 2009).

La recuperación del nitrógeno mediante *stripping-absorción*, mediante concentración térmica (Flotats *et al.*, 2004) o mediante precipitación de sales de fósforo y amonio (Cerrillo *et al.*, 2014) se beneficia de una etapa previa de digestión anaerobia. Cuanto mayor sea la mineralización orgánica lograda durante la etapa de digestión, mayor será la calidad de los productos recuperados ricos en nitrógeno. Resulta esencial el establecimiento de un mercado favorable para la comercialización de los productos obtenidos (Foged *et al.*, 2011b) y unos precios de la energía que ayuden a la adopción de la digestión anaerobia para el éxito de la aplicación práctica de estos procesos. La aplicación de la codigestión anaerobia (digestión de mezclas de deyecciones ganade-

ras con otros residuos orgánicos) a fin de aumentar la producción de biogás y la venta de energía puede ayudar a la viabilidad económica de las estrategias que incluyen digestión. Este tipo de estrategias se ven favorecidas mediante una aproximación colectiva a la problemática.

La eliminación de nitrógeno mediante el proceso convencional de nitrificación-desnitrificación (NDN) es un proceso bien conocido y que ha sido implantado mayoritariamente a escala de granja para reducir excedentes de nitrógeno, sobre todo en la Bretaña francesa con más de 200 instalaciones (Foged *et al.*, 2011a). El efluente tratado por NDN tiene menor concentración de nitrógeno y unas relaciones P/N y K/N altas, lo cual debe tenerse en cuenta en su posterior dosificación como fertilizante.

Nuevos sistemas de eliminación de nitrógeno, todavía en fase de desarrollo, basados en la combinación de una nitrificación parcial y la oxidación anaerobia de amonio -anammox- (Magrí *et al.*, 2013), representan una alternativa de tratamiento prometedora ya que permitirían una valorización completa de la materia orgánica mediante digestión anaerobia y un ahorro significativo de energía debido a un menor requerimiento de aireación durante la nitrificación.

En Flotats *et al.* (2011) puede encontrarse una descripción detallada de todas las tecnologías disponibles y en Foged *et al.* (2011c) una descripción del balance técnico, económico y ambiental de 7 instalaciones tipo en Europa.

Flotats *et al.* (2009) destacan como factores de éxito de las experiencias de tratamiento, individual o colectivo, la implicación de los ganaderos, el reconocimiento por parte de estos de que la gestión de las deyecciones es una parte sustancial de la producción animal, la planificación a medio y largo plazo de las actuaciones, y la agrupación de esfuerzos entre todos los agentes implicados. ■

Para solicitar la bibliografía consultada contacte con: mundoganadero@eumedia.es