



NUTRI • KNOW

# Tecnologías de procesamiento

Tecnologías, herramientas y prácticas recomendadas por los grupos operativos EIP-AGRI de NUTRI-KNOW

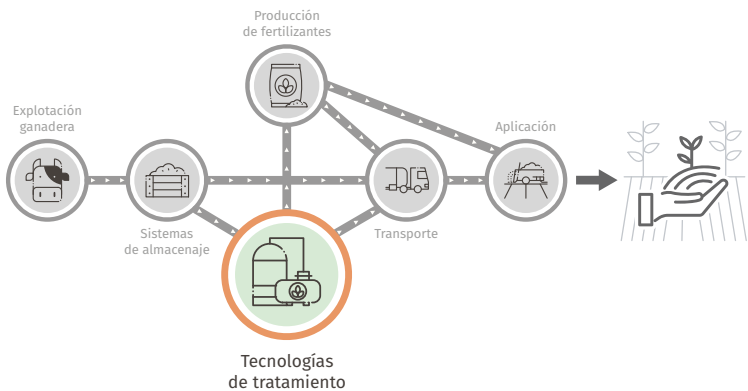




# Introducción

Las restricciones a la aplicación de nutrientes en los campos combinadas con la presencia de ganado intensivo, la escasez de nutrientes (por ejemplo, fósforo) y los precios volátiles de los fertilizantes minerales de origen fósil impulsan a los agricultores a invertir en tecnologías de procesamiento de nutrientes. Como a “tecnologías de procesamiento” nos referimos, principalmente, a las tecnologías utilizadas para procesar productos agrícolas para lograr una mejor calidad, o para tratar desechos agrícolas para la producción de fertilizantes, la generación de energía o para mitigar su impacto ambiental. Algunos ejemplos de dichas tecnologías incluyen la digestión anaeróbica, el compostaje, la separación sólido-líquido, el secado térmico, la incineración, la nitrificación-desnitrificación, etc.

El folleto ofrece una descripción general de las herramientas de apoyo a la toma de decisiones, las tecnologías y las prácticas recomendadas que son el resultado de los principales grupos operativos de EIP-AGRI. Estos grupos y proyectos asociados se han centrado en mejorar las tecnologías de procesamiento para recuperar nutrientes y brindar conocimientos sobre las innovaciones y las ventajas y desafíos de su adopción.





## Tecnologías de procesamiento

---

Este folleto destaca las innovaciones y mejoras en las tecnologías para el procesamiento de desechos agrícolas. Las tecnologías presentadas aquí respaldan la gestión de las deyecciones ganaderas, así como la economía circular en las granjas. Para obtener más información, consulte los enlaces a las páginas de inicio de los Grupos operativos que se presentan a continuación.



## Productos de origen biológico y agricultura ecológica

---

La creación de productos de origen biológico puede ayudar a fomentar cadenas de suministro de circuito cerrado mediante el reciclaje de las deyecciones y otros materiales de desecho. También pueden estimular la adopción de prácticas innovadoras y nuevas oportunidades de negocio en el sector ecológico. La producción sostenible de biogás, por ejemplo, tiene el potencial de reducir las emisiones de metano derivadas del almacenamiento de estiércol, generar energía renovable y apoyar el rendimiento de los cultivos mediante la aplicación de digestato. Las tecnologías de procesamiento y los materiales utilizados para producir productos de origen biológico deben estar en consonancia con los principios y normas ecológicas. Los productos de origen biológico, por ejemplo, derivados de desechos animales obtenidos de operaciones con estabulación permanente, no están permitidos en la agricultura ecológica debido al posible riesgo de contaminación.





# Manejo de las deyecciones ganaderas

La gestión del estiércol del ganado plantea desafíos ambientales y económicos para los agricultores, especialmente en áreas de alta densidad ganadera. El concentrador de purines aborda este problema separando el estiércol en una fase semilíquida rica en nutrientes y una fase líquida con bajo contenido en nutrientes. Concentra el 85-95% de sólidos, el 45-55% de nitrógeno y el 85-95% de fósforo, lo que reduce el volumen total en un 20-30%. La fracción semilíquida rica en nutrientes es ideal para el transporte a larga distancia, ya que reduce los costos y permite la exportación de nutrientes a áreas no vulnerables, mientras que la fracción líquida, con mayor volumen y menor contenido de nutrientes, es adecuada para los campos cercanos. Este proceso es rentable, minimiza las emisiones y utiliza un mínimo de energía.

**Cómo funciona:** La tecnología del concentrador de purines se instala en una balsa de purines, con flotadores que garantizan su posición en la superficie. Se requiere una balsa adicional cerca de la balsa de purines para recolectar el lodo diluido que se descarga del concentrador. Por lo tanto, el resto del equipo se ubica entre estas dos balsas con una tubería de conexión que dirige el flujo a la balsa adicional.

## Beneficios

- **Eficiencia e impacto ambiental:** Sus bajos requisitos de mantenimiento y su funcionamiento energéticamente eficiente dan como resultado un menor consumo de recursos y menores costos de energía a lo largo del tiempo. Además, la capacidad del concentrador para separar y aplicar nutrientes de manera eficiente minimiza los desechos y el impacto ambiental, de acuerdo con las prácticas agrícolas sostenibles y las normas regulatorias.

- Versatilidad y facilidad de uso: Instalación sencilla con necesidades mínimas de infraestructura. Requiere dos balsas independientes, pero su diseño móvil permite un fácil transporte entre granjas, adecuándose tanto al uso individual como cooperativo.
- Ahorro de costes y rentabilidad: El uso compartido de equipos para ambas fracciones líquidas reduce los costes de inversión y operación, lo que se traduce en importantes ahorros a largo plazo.
- Monitoreo mejorado y fertilización de precisión: los sistemas de monitoreo integrados brindan datos de nutrientes en tiempo real, lo que permite una fertilización precisa adaptada a las necesidades del suelo y del cultivo, optimizando la salud del suelo, minimizando la pérdida de nutrientes y reduciendo las emisiones. Los sistemas de monitoreo integrados del concentrador de purines permiten a los agricultores controlar y administrar la aplicación de nutrientes de manera más efectiva. Los dispositivos en línea brindan datos en tiempo real sobre el contenido de nutrientes en la fracción líquida, lo que permite prácticas de fertilización precisas adaptadas a los requisitos específicos del suelo y del cultivo. Esta capacidad optimiza la salud y la productividad del suelo, minimiza las pérdidas de nutrientes y reduce las emisiones, lo que promueve prácticas agrícolas sostenibles y mejora la gestión ambiental.



### Estado actual

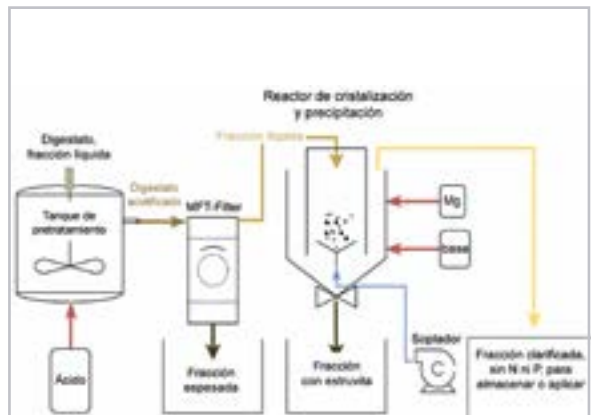
La prueba piloto ha demostrado la viabilidad tecnológica y económica de la propuesta para su uso en las explotaciones ganaderas y por parte de la cooperativa para una gestión eficiente de las deyecciones. Además, la Cooperativa Plana de Víc ofrece una simulación gratuita para evaluar la viabilidad de la concentradora de purines en vuestra explotación.



Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **Slurry Concentrator**

## Tratamiento de digestato para producir estruvita

El Grupo Operativo STRUVITE ha diseñado e implementado un prototipo a escala de explotación capaz de recuperar estruvita (fosfato de amonio y magnesio hidratado -  $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) del digestato agrícola. De esta manera, un excedente de nutrientes de zonas de alta ganadería puede ser reubicado en regiones con demanda de fertilizantes químicos. El tratamiento del digestato consiste en una separación sólido-líquido mediante una prensa de tornillo. La fracción líquida con un pH de 8,5 se acidifica hasta un pH de 7,5 para mineralizar el fósforo orgánico. La microfiltración a 40 micras elimina parcialmente los sólidos en suspensión y la materia orgánica que dificulta la formación de estruvita. Finalmente, en un reactor de cristalización y precipitación, se añade magnesio y una base (para llevar el pH a 9) para promover la formación de cristales de estruvita y una recuperación eficiente de nitrógeno y fósforo.



Disposición de la planta de tratamiento

### Beneficios

- El prototipo del sistema de estruvita recuperó eficazmente el fósforo y el nitrógeno del digestato, así que es técnicamente viable.
- El precipitado que contiene estruvita puede ser explotado por los productores de fertilizantes o podría utilizarse como materia prima para producir fertilizantes de fosfato y reemplazar los minerales de fosfato finitos.
- Las pruebas que incluyen acidificación, basificación y microfiltración revelan niveles reducidos de nitrógeno y fósforo en la fracción clarificada.
- Al reducir el contenido de P, N y materia seca en las deyecciones y el digestato del ganado, se redujeron las emisiones de amoníaco, metano y óxido nitroso en la fase de almacenamiento del digestato líquido y en la fase de aplicación al suelo.



### Estado actual

La fracción precipitada que contiene estruvita requiere un refinamiento adicional por parte de un fabricante de fertilizantes para reemplazar los minerales de fosfato con fósforo recuperado del digestato. La alta concentración de sólidos y materia orgánica en el digestato, incluso si se microfiltra, sigue siendo un problema crítico para la eficiencia del tratamiento.

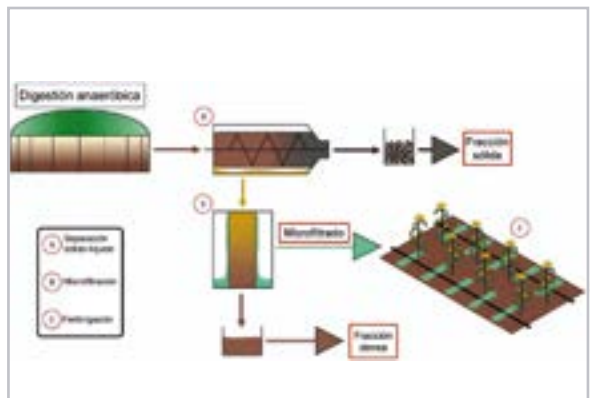


Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **STRUVITE**

# Microfiltración de digestato para fertirrigación en líneas de goteo subterráneas

La fertirrigación con digestato de plantas de biogás es una práctica que mejora significativamente la eficiencia del uso de nutrientes en los cultivos en crecimiento. Sin embargo, aún no está muy extendida debido a las características físico-químicas del digestato. Incluso cuando se clarifica, puede provocar la obstrucción de las boquillas en una línea de fertirrigación.

SOS\_AQUAE prueba y promueve un sistema integrado innovador para valorizar la fracción líquida del digestato en la fertirrigación, con el objetivo de maximizar la eficiencia de la reutilización de nutrientes y reducir la necesidad de fertilizantes minerales. Inicialmente, el digestato se somete a una separación sólido-líquido común, lo que da como resultado una fracción sólida y una fracción líquida clarificada.



Disposición de las tecnologías SOS\_AQUAE

## Microfiltración de digestato para fertirrigación en líneas de goteo subterráneas

A continuación, la fracción clarificada se microfiltra a 50  $\mu\text{m}$ , produciendo así un digestato microfiltrado. A continuación, este se transfiere al campo y se mezcla con agua para la fertirrigación de cultivos en crecimiento, y se inyecta en un sistema de riego por goteo subterráneo con líneas de goteo enterradas a una profundidad de 25-30 cm.



Digestate Microfiltration unit

### Beneficios

- El digestato microfiltrado en líneas de goteo de subfertirrigación es una solución técnica y económicamente viable con bajos costos de filtración.
- El proceso de microfiltración evita la obstrucción y el ensuciamiento de las boquillas de la línea de fertirrigación. Las líneas de goteo han sido especialmente desarrolladas para este propósito.
- La fracción líquida del digestato (la fracción más presente y más problemática a valorizar) se mezcla con agua en la fertirrigación para un uso eficiente de los nutrientes y para ahorrar fertilizantes minerales y agua.
- Se reducen los olores, las emisiones de amoníaco y la lixiviación de nitratos.
- Posibilidad de alargar el periodo agronómico para la dispersión del digestato.



Fertigation with microfiltered digestate from slurry tank



### Estado actual

El digestato microfiltrado que se puede inyectar con tecnología de fertirrigación por goteo ya está disponible en el mercado. También existen otras aplicaciones.



Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **SOS\_AQUAE**

## Recuperación de sales de amonio de las deyecciones

La recuperación de sales de amonio (nitrato y sulfato de amonio) a través del proceso de extracción y depuración de las deyecciones es una técnica innovadora lista para su comercialización. El producto se llama RENURE (nitrógeno recuperado de las deyecciones) i el proceso consta de dos pasos:

- Extracción: Se inyecta aire en el primer compartimento, para eliminar el amoníaco gaseoso liberado de la fracción fina del estiércol o del digestato debido al aumento del pH y/o la temperatura.
- Depuración: el aire rico en amoníaco se rocía con una solución fuertemente ácida, como ácido sulfúrico o ácido nítrico, para formar sulfato o nitrato de amonio, respectivamente.



El sulfato de amonio (izquierda) y el nitrato de amonio (derecha) recuperados a través del proceso de extracción y depuración



El precio estimado de la instalación operativa es de aproximadamente 100-150 €/m<sup>3</sup>. Requiere una capacidad de procesamiento de estiércol anual de 20.000 toneladas para alcanzar la viabilidad económica deseada.

En 2020, la Comisión Europea propuso los criterios “RENURE” para permitir el uso seguro del nitrógeno recuperado del estiércol para sustituir a los fertilizantes químicos. De esta manera, el excedente de nutrientes de las zonas con alta densidad ganadera se puede redistribuir a las regiones con demanda de fertilizantes químicos. Las sales de amonio recuperadas mediante el proceso de extracción y depuración son reconocidas como candidatas RENURE, ya que tienen un alto potencial para sustituir por completo a los fertilizantes químicos en la aplicación sobre el terreno.



### Estado actual

Varios pioneros producen actualmente estos productos en Flandes (Bélgica). La Comisión Europea está trabajando actualmente para permitir el uso de RENURE, incluido el digestato ampliamente tratado, por encima del límite de 170 kg N/ha/año para las deyecciones ganaderas. El proyecto de modificación del anexo 3 de la Directiva 1/676/CEE sobre nitratos daría a los Estados miembros la opción de permitir un límite adicional de 100 kg N/ha/año para los productos RENURE por encima del límite actual.



Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **RENURE**

## Sistema de lavado del amoníaco del aire en ganado porcino

Gas Loop ha desarrollado un sistema avanzado de tratamiento del aire para reducir de forma eficaz las emisiones de amoníaco de la ganadería porcina. Los sistemas de lavado del aire eliminan el amoníaco del aire en el interior de las salas de los cerdos y lo recuperan en una solución de sulfato de amonio. El dispositivo aspira el aire rico en amoníaco del establo a través de conductos de succión situados debajo del suelo de rejilla. De esta forma, se capturan las emisiones de amoníaco y se evita que se propaguen en las salas donde se alojan los animales. El tratamiento del aire se basa en la absorción química del amoníaco mediante un lavado ácido a contracorriente en una torre. Se utiliza una solución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para reaccionar con el amoníaco ( $NH_3$ ), formando así una suspensión estable de sulfato de amonio ( $(NH_4)_2SO_4$ ) que se acumula en un tanque en la base de la torre. Con caudales de tratamiento bajos ( $14 m^3/h$  por cabeza de ganado) se ha observado una reducción significativa de las emisiones. Esto



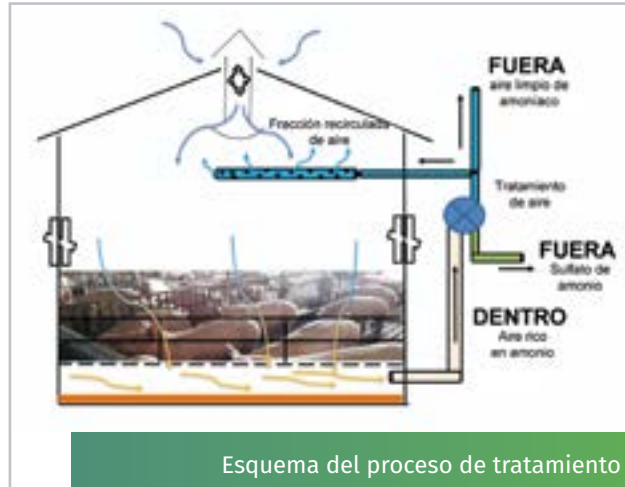
Granja porcina Sant'Anna, socios del proyecto Gas Loop, sitio operativo y experimental

## Sistema de lavado del amoníaco del aire en ganado porcino

aumenta el bienestar y la productividad de los animales debido a una mejor calidad del aire. El tratamiento ha sido probado durante 2 años en explotaciones de cerdos de engorde para la cadena de suministro de jamón de Parma DOP.

### Beneficios

- El tratamiento del aire reduce las emisiones de amoníaco del ganado porcino en 1,94 kg de  $\text{NH}_3$  por cabeza de ganado por año.
- El tratamiento del aire mejora la calidad del aire interior, reduciendo la concentración de amoníaco en el interior de la sala tratada en un 62% respecto a la sala de control.
- El tratamiento tiene efectos positivos en la productividad de los cerdos, debido al aumento del bienestar animal.
- El amoníaco presente en el aire del establo se recupera en forma de solución de sulfato de amonio, que puede ser valorizada como fertilizante nitrogenado mineral.



### Estado actual

Gas Loop ha implementado el sistema de tratamiento de aire para capturar amoníaco en ganado porcino hasta un nivel de madurez tecnológica (TRL 8). El sistema está instalado en las granjas porcinas de los socios del Grupo Operativo. El innovador sistema de tratamiento de aire está listo para su aplicación práctica.



Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **GAS LOOP**



## Digestores de bolsillo para producir biogás

Los digestores de pequeña escala, o digestores de bolsillo, pueden producir biogás a partir de biomasa de la explotación para satisfacer las demandas energéticas de la misma. De momento, estas instalaciones se ubican casi exclusivamente en explotaciones lecheras debido a las propiedades fácilmente fermentables del purín vacuno. Después de la digestión, se produce biogás y digestato. El biogás se valoriza para producir electricidad y calor mediante una unidad de cogeneración (CHP). La potencia eléctrica de la CHP vinculada a un digestor de bolsillo no supera los 200 kW. El digestato se puede esparcir en los campos como fertilizante orgánico de alta calidad o mejorador del suelo. Las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen al evitar (en parte) el almacenamiento a largo plazo del estiércol, y al reemplazar (en parte) los combustibles fósiles necesarios para satisfacer la demanda energética de la explotación.



Guía de consejos - disponible online

Aunque la tecnología tuvo un auge inicial cuando se introdujo en Flandes (Bélgica), surgieron varios obstáculos, incluidas imperfecciones técnicas, desafíos biológicos, conocimientos y experiencia limitados, dificultades de comunicación y una gran carga administrativa. El Grupo Operativo

Pocketboer II tiene como objetivo abordar estos problemas persistentes y comunes con los digestores de bolsillo. El proyecto promueve la implementación de soluciones en plantas existentes y futuras para mejorar el rendimiento y la eficiencia de los digestores. Al crear y difundir información práctica, ha aumentado la conciencia y el interés entre los agricultores en esta técnica.



### Estado actual

Pocketboer II ha logrado mejorar el rendimiento de los digestores. En 2022, había 55 digestores de bolsillo en Flandes (Bélgica). La incertidumbre en torno al nitrógeno y el apoyo a la inversión tiene un gran impacto en la viabilidad económica de los proyectos existentes y nuevos.



Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **Pocketboer II**

# Economía circular de la hierba

El uso eficiente de las materias primas puede ayudar a reducir las importaciones de biocombustibles, proteínas y fertilizantes. Al diversificar la producción de pasto y resolver desafíos importantes en la agricultura tradicional, se ha establecido una biorrefinería de pasto a pequeña escala en una granja en el suroeste de Irlanda para ayudar a satisfacer esas necesidades del mercado.

La hierba fresca se corta, se transporta y se carga en la tolva de la biorrefinería de hierba. La hierba se tritura y se prensa utilizando una extrusora para separar más del 50% en una torta prensada con alto contenido de fibra sólida. Esta fracción sólida contiene todas las proteínas que necesitan los rumiantes y, al mismo tiempo, elimina los componentes que no utilizan de manera muy eficaz. De esta forma se puede utilizar para alimentar directamente a las vacas, a la vez que se reducen las emisiones.

En el proceso de biorrefinería también se generan tres coproductos a partir de la fracción de jugo líquido, que contiene el otro 50% del contenido proteico total, lo que puede aumentar la eficiencia general de la explotación.



Hierba siendo triturada y prensada dentro de la biorrefinería.

- Producto de alto contenido proteico que puede utilizarse para alimentar pollos y monogástricos.
- Fuente de azúcares de alto valor nutricional, que son prebióticos y pueden ser utilizados en la nutrición animal.
- Los residuos restantes contienen una gran cantidad de azúcares monosacáridos y nutrientes que pueden utilizarse para la producción de biogás o la producción de fertilizantes de base biológica.



Trituración, prensado y separador de biorrefinería de pasto.

Este tipo de biorrefinerías a pequeña escala se están desarrollando con automatización incorporada, lo que hace que este tipo de tecnología sea más accesible para los agricultores. También les permite aumentar la eficiencia de los recursos al tiempo que aborda los principales desafíos en materia de emisiones. El modelo de biorrefinería podría permitir a los agricultores seguir alimentando a su ganado, con emisiones reducidas, al tiempo que produce tres coproductos que pueden aumentar la eficiencia y los ingresos generales de su explotación.



Alimento seco alto en proteínas para monogástricos



### Estado actual

Actualmente se encuentra en funcionamiento una biorrefinería de pasto a escala piloto en una granja en el suroeste de Irlanda, donde se producen tortas de pasto prensado y tres coproductos a nivel de granja.



Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **Biorefinery Glas**

## Jugo de hierba para el cultivo de microalgas

Grass2Algae utiliza jugo de hierba para cultivar microalgas, lo que puede ser una fuente adicional de ingresos para los agricultores y garantiza una economía circular en sus granjas. A través de una secuencia de sedimentación, filtración gruesa y ajustes de pH, el jugo de hierba se separa de las fibras de hierba de baja calidad que no se puede utilizar como alimento para animales. El jugo de hierba representa el 40-60% del peso total de la hierba y es una excelente fuente de nutrientes, al ser rico en macro y micronutrientes que son necesarios para el crecimiento de las microalgas. Los resultados del análisis microbiano y del producto de algas mostraron que la calidad de la biomasa producida está a la altura de las especificaciones para su aplicación en alimentos, lo que resulta en una nueva fuente de ingresos para los agricultores. Aun así, se necesitan estudios futuros para explorar más a fondo el potencial del jugo de hierba como fertilizante y la biomasa de algas producida como alimento para animales.



Cultivo de microalgas utilizando jugo de gramíneas a escala de laboratorio



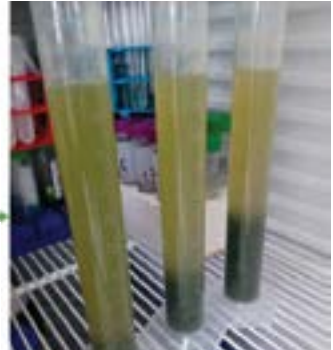
**Dilución (5,10, 15%)**

+

**sedimentación**

+

**Ajuste de pH a 7**



Dilución, sedimentación y ajuste de pH para hacer que el jugo de hierba sea adecuado para el cultivo de algas



Cultivo de microalgas a escala piloto utilizando jugo de pasto. Fotografías tomadas en la granja de Kris Heirbaut



### Estado actual

Actualmente, el jugo de hierba se produce principalmente a nivel de granja y se utiliza en la misma granja para el cultivo de algas a escala piloto.



Escanee el código QR para obtener más información en la página web del Grupo Operativo **Grass2Algae**



## Resumen

---

### Herramientas para **optimizar el procesamiento del estiércol**

---

- La adopción de tecnologías de procesamiento para la gestión del estiércol o del digestato para recuperar nutrientes permite a los agricultores aumentar el valor de sus residuos agrícolas. (*OG Slurry Concentrator*)
- Extracción de nutrientes del estiércol o del digestato para crear fertilizantes (por ejemplo, estruvita, sales de amonio). (*OGs Struvite, Gas Loop, RENURE*)
- Reducción de las emisiones agrícolas (por ejemplo, amoníaco, metano) en combinación con la producción de energía. (*OG Pocketboer II*)
- Uso sostenible de pasto y producción de algas. (*OG Biorefinery Glas, Grass2Algae*)

### Tecnologías para el **procesamiento del estiércol**

---

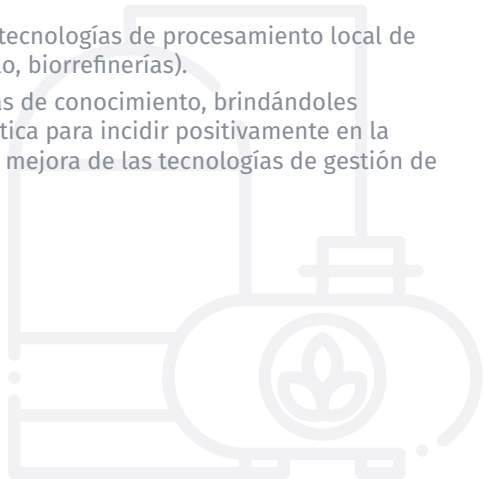
- La separación del estiércol para obtener una fase semilíquida y una fase líquida puede minimizar los costos de transporte y optimizar la aplicación de nutrientes al suelo. (*OG Slurry Concentrator*)
- Tratamiento de digestato para recuperar nitrógeno y fósforo en forma de estruvita. (*OG Struvite*)
- Microfiltración de digestato para hacerlo apto para inyección en fertirrigación con líneas de goteo en lugar de fertilizantes minerales. (*OG SOS\_AQUAE*)
- Recuperación de nitrógeno de las emisiones de amoníaco en fertilizantes de sulfato de amonio, que pueden reemplazar a los fertilizantes sintéticos y reducir las emisiones de GEI. (*OG GAS LOOP*)
- Digestión de estiércol en la explotación para producir biogás para electricidad y calor y digestato como fertilizante orgánico, reduciendo así las emisiones de GEI vinculadas al almacenamiento de estiércol y al uso de energía fósil. (*OG Pocketboer II*)

- Valorización de pastos para producir tortas de prensa, prebióticos y alimentos monogástricos ricos en proteínas, incrementando el valor de pastos de baja calidad. (*OG Biorefinery Glas*)
- Valorización de pasto de bajo valor mediante biorrefinerías y tecnologías de separación para producir jugo de pasto rico en nutrientes para el cultivo de algas como alimento animal alternativo, mejorando la sostenibilidad de la producción de algas y aumentando los ingresos de los agricultores. (*OG Grass2Algae*)

## Beneficios futuros

---

- Disminuir la dependencia de fertilizantes minerales y energía fósil, reduciendo los costes de importación, de transporte y de electricidad, contribuyendo así a la circularidad de la bioeconomía.
- Reducir las emisiones agrícolas mediante la implementación de tecnologías de procesamiento de nutrientes (por ejemplo, digestión en bolsas, depuración) y gestión sostenible del estiércol.
- Mayor desarrollo e implementación de tecnologías de procesamiento local de nutrientes a escala agrícola (por ejemplo, biorrefinerías).
- Reunir a los agricultores en cooperativas de conocimiento, brindándoles orientación y creando información práctica para incidir positivamente en la concientización, la implementación y la mejora de las tecnologías de gestión de nutrientes.



## Follow our journey!

Learn more about us at  
[www.nutri-know.eu](http://www.nutri-know.eu)

X @NutriKnow

in NUTRI-KNOW

@nutriknoweu

Nutri-Know



## Project partners



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Commission. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

