

JORNADA TÉCNICA **BIOGÁS**

La digestión anaerobia en el sector agroganadero

Beatriz Molinuevo Salces

Investigadora Ramón y Cajal



Escuela Técnica Superior
de Ingenierías Agrarias **Palencia**

ORGANIZA

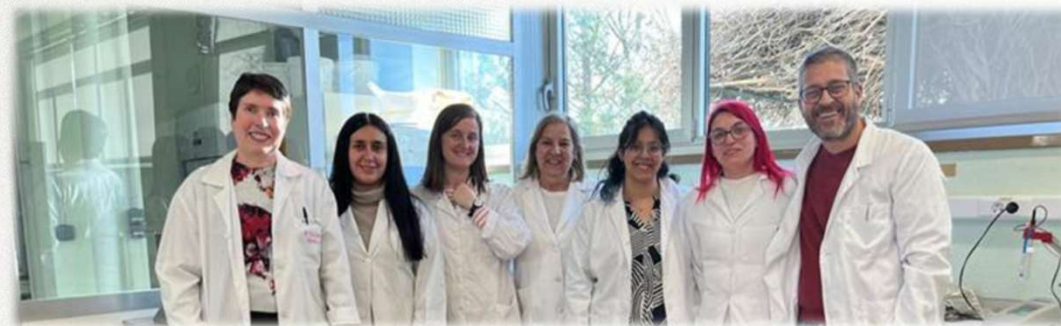


COLABORA



Valladolid, 29 de Julio 2026

Grupo de Investigación VALRES



Departamento de Ciencias Agroforestales
Área de Edafología y Química Agrícola
E.T.S. de Ingenierías Agrarias
Universidad de Valladolid
Avenida de Madrid, 57, 34004 Palencia



**Escuela Técnica Superior
de Ingenierías Agrarias Palencia**

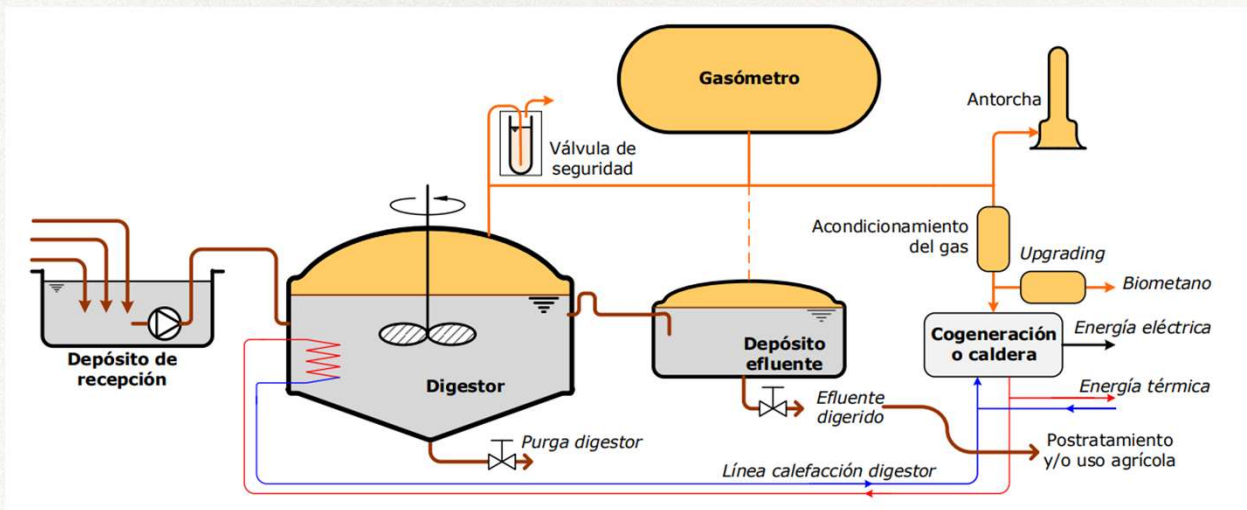
ÍNDICE

1. El proceso de digestión anaerobia
2. ¿Qué aporta una planta de biogás al sector?
3. Alternativas para la gestión del digestato

EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

La **digestión anaerobia (DA)** consiste en un conjunto de procesos microbiológicos, que ocurren en ausencia de oxígeno, mediante los cuales se descompone la materia orgánica biodegradable para dar lugar a **biogás**, que es un gas combustible constituido principalmente por CH_4 y CO_2 , y trazas de otros gases (H_2S , vapor agua, $\text{H}_2\ldots$).

El material digerido que queda tras la DA se denomina **digestato**, y contiene básicamente agua, materia orgánica (sustratos parcialmente digeridos y biomasa bacteriana) y materia inorgánica (N, P, K...).



EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

¿Qué se puede digerir?

Residuos o subproductos orgánicos



¿Cómo funciona el proceso?

Proceso de digestión anaerobia

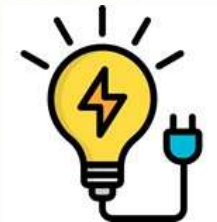


¿Qué productos se obtienen?

Valorización y gestión del digestato



Valorización del biogás: tratamiento y gestión



EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

¿Qué se puede digerir?

Residuos o subproductos orgánicos: SUSTRATOS

- Deyecciones ganaderas (purín, gallinaza, estiércol de vacuno...)
- Subproductos y residuos vegetales procedentes de la industria agroalimentaria (descartes, restos de pieles y semillas....)
- Residuos agrícolas (restos de paja de cereales, maíz, poda, resto ensilado ...)
- Restos de matadero y de la industria cárnica de transformación
- Fangos procedentes de la industria (ej. lías vinícolas) y de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria agroalimentaria y EDAR.
- FORSU: fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (restos de comida, servilletas sucias, pequeños restos de poda de jardines privados etc.).



EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Sustrato

Características físicas

Características químicas

Necesidad de pretratar los residuos: con el objetivo de aumentar su biodegradabilidad

- Mecánicos: trituración (reducción del tamaño)
- Térmicos: higienización, pasteurización (SANDACH)
- Químicos: ajuste de pH, aumento de la capacidad tampón, hidrólisis química ácida o básica etc.
- Biológicos: hidrólisis enzimática, ensilado, etc.

Tamaño de las partículas: en líquidos no hay problema, los sólidos se deben triturar



Higienización de los sustratos SANDACH antes de su introducción en los digestores.



EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

No todos los sustratos tienen estas características

Sustrato

Características físicas

Características químicas

1. Relación C/N equilibrada
2. Disponibilidad de micronutrientes
3. Ausencia de compuestos inhibidores del metabolismo de los microorganismos



	Residuos ganaderos	Lodos depuración	FORM	Residuos industria alimentaria
Micro y macronutrientes	↑	↑	↓	↓
Relación C/N	↓	↑ ↓	↑	↑
Capacidad tampón (alcalinidad)	↑		↓	↓
Materia orgánica biodegradable	↓	↑ ↓	↑	↑



Necesidad de **co-digestión**

EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

La Co-digestión consiste en la digestión anaerobia conjunta de dos o más sustratos, con el fin de:

- ✓ Compensar carencias de cada sustrato por separado: relación C/N equilibrada → Incrementa la producción de biogás
- ✓ Amortiguar producción temporal de residuos por separado
- ✓ Mayor resistencia frente a inhibidores (ej. amoníaco)
- ✓ Compartir infraestructuras entre distintos productores

Solo con purín: 12 m³ biogás/m³ de sustrato

Purín con co-sustrato hasta 10%:
15-25 m³ biogás/m³ de sustrato



Subproductos hortofrutícolas

- Producción estacional
- Alta concentración en C
- Bajo pH
- Posible acumulación de AGV



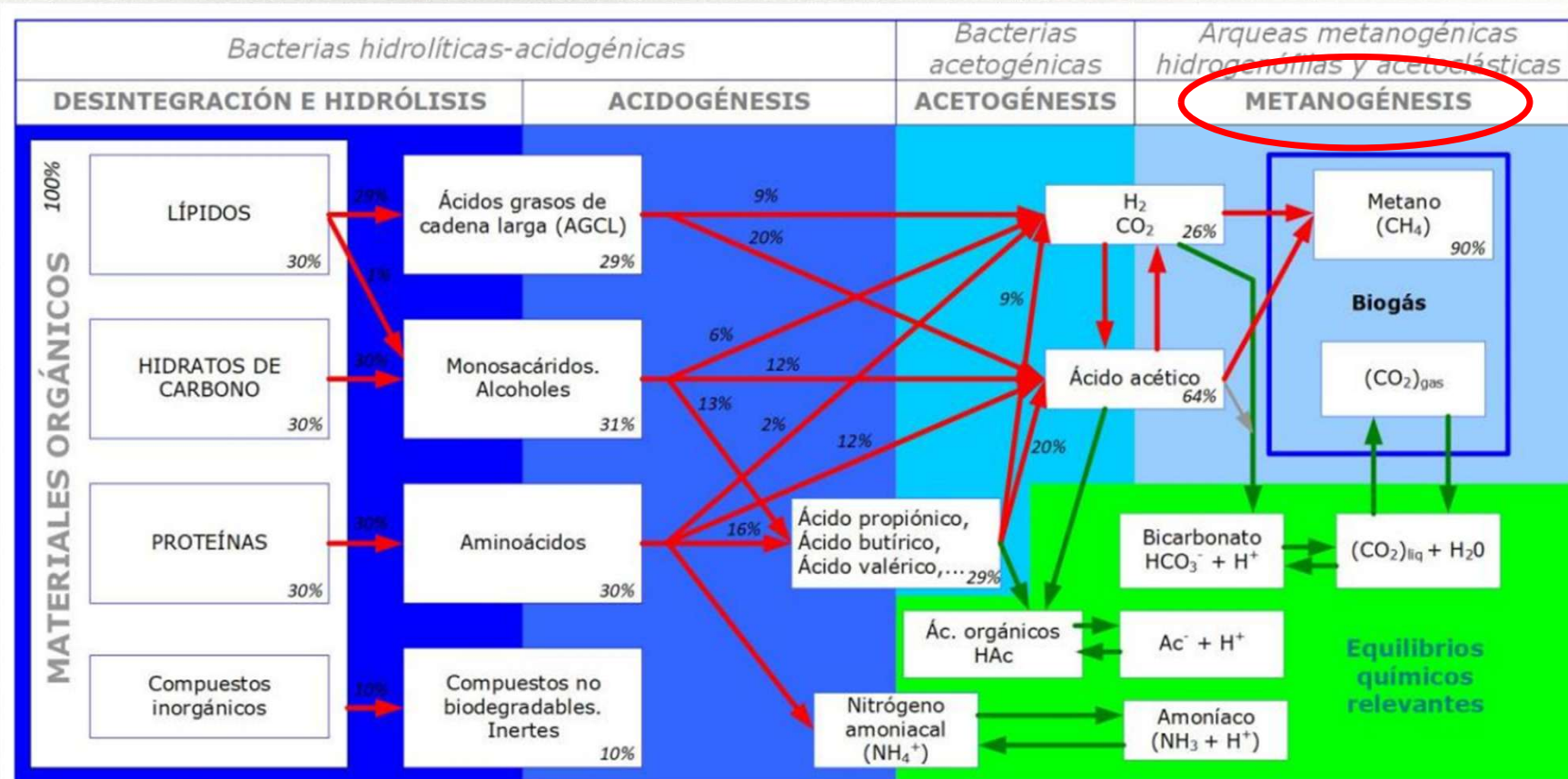
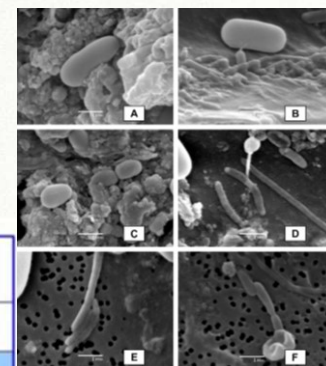
Deyecciones ganaderas

- Alta concentración en N (posible inhibición amoníaco)
- Alta capacidad tampón



EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

CONSORCIO DE DIVERSOS GRUPOS BACTERIANOS Y ARQUEAS



Esquema de las reacciones metabólicas durante la digestión anaerobia de la materia orgánica (Fuente: Solera y col 2016).

EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Factores que afectan al proceso

Relación C/N

Relación C/N óptima: 30-50

Temperatura

Equilibrio entre gasto energético y producción de biogás.

pH y alcalinidad

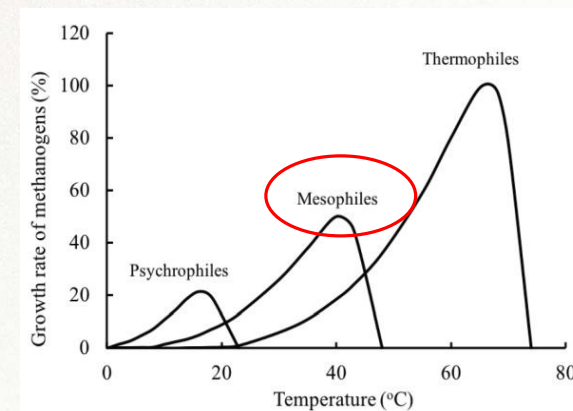
pH óptimo: 6,8-7,4

Al/AP < 0,3 buena estabilidad del reactor

Nutrientes

Inhibidores o compuestos tóxicos

- **Ácidos grasos volátiles (AGV)**
- **Amoniaco (NH₃)**
- **Otros: compuestos halogenados, cianuro, fenoles...**



Compuesto orgánico	Fórmula química	Biogás m ³ /kg SV	CH ₄ m ³ /kg ST
Carbohidratos	C ₆ H ₁₀ O ₅	0,75	0,37
Lípidos	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1,44	1,44
Proteínas	C ₁₆ H ₂₄ O ₅ N ₄	0,98	0,49

Fuente: Varnero, 1991.

EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Valorización del biogás

Acondicionamiento del biogás

Enriquecimiento del biogás o upgrading (eliminar CO₂) : biometano

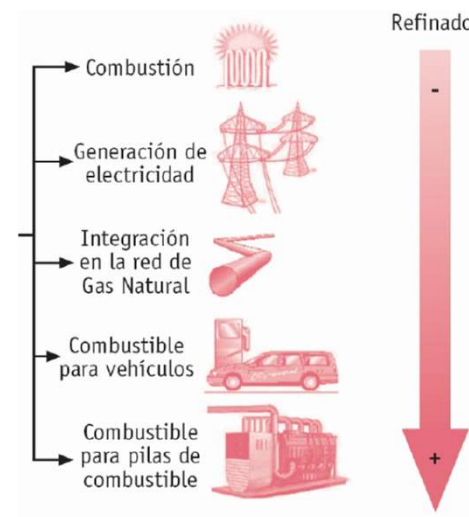
Valorización y gestión del digestato

Sin procesamiento del digestato ► Aplicación a campo

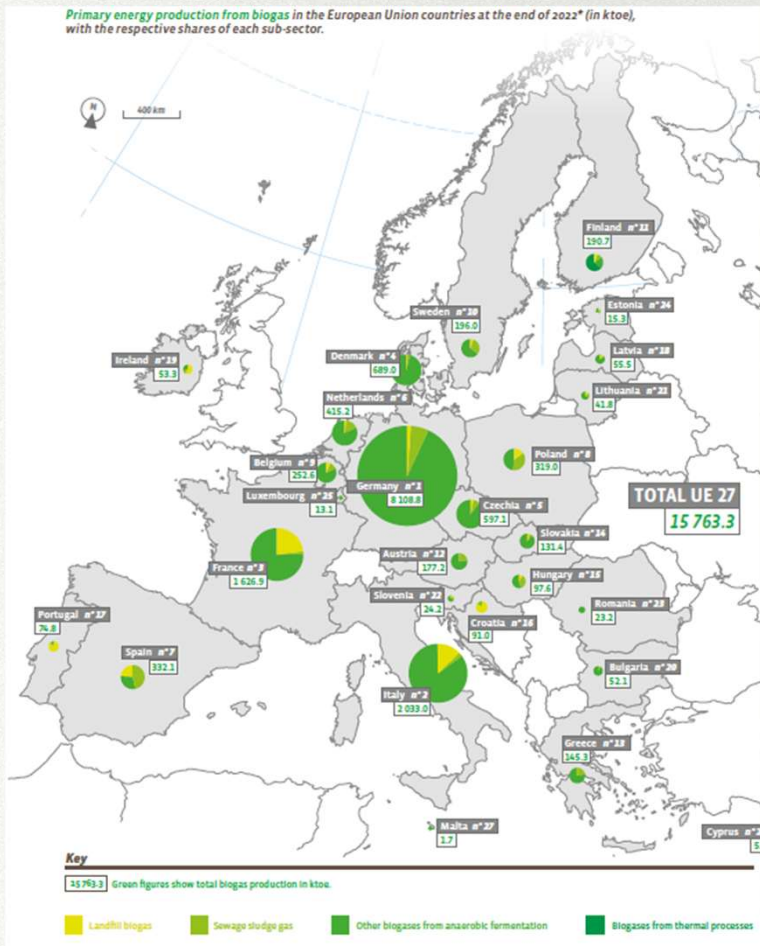
Con procesamiento digestato

Separación de fases ► Fracción sólida + fracción líquida

Otras tecnologías ► Compostaje FS, NDN FL, Recuperación nutrientes...

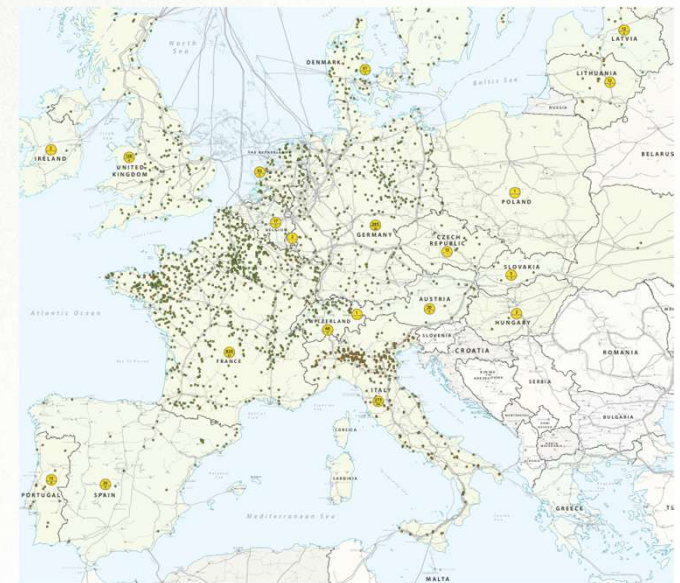


¿QUÉ APORTA UNA PLANTA DE BIOGÁS AL SECTOR?



Producción energía biogás. Fuente: Eurobarómetro 2023.

- La digestión anaerobia es un proceso que **se da de forma natural** cuando existen condiciones anaerobias.
- Se diferencian 3 tipos de producción de biogás: **vertedero**, gestión **lodos depuradoras** aguas residuales urbanas y **agroindustrial**.
- La **tecnología está totalmente desarrollada e implementada** en muchos países desde hace años.
- **Modelos de gestión:** Plantas individuales para cada granja o planta colectiva.
- El número de **plantas de biometano** en Europa es de 1.975, con 327 nuevas plantas entre 2025 y 2026. 1.300 plantas de biometano desde 2020.



Mapa Europeo de plantas de biometano 2026. Fuente: EBA

<https://www.europeanbiogas.eu/publication/european-biomethane-map-2026/>

¿QUÉ APORTA UNA PLANTA DE BIOGÁS AL SECTOR?

Independencia energética a partir de las deyecciones ganaderas (autoconsumo)

Reducción impacto ambiental al reducir emisiones GEI

Reciclaje de los nutrientes (NPK) contenidos en el digestato

Eliminación de parásitos animales, de huevos y larvas de insectos, de semillas de malas hierbas

Reducción de malos olores

Estabilización de la materia orgánica

Mineralización y mejora de la eficiencia en el uso del nitrógeno como fertilizante

Diversificación de la actividad industrial

Favorece desarrollo económico en zonas rurales

Posibilidad de aplicar tratamiento térmico para eliminar virus y bacterias



ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DEL DIGESTATO

Sin procesamiento del digestato ► Aplicación directa al campo



Con procesamiento de digestato ►

Separación de fases ►

Fracción
sólida

- Compostaje
- Peletizado
- Secado

Fracción
líquida

- Fertirrigación
- Nitrificación/desnitrificación
- Stripping-Absorción y precipitación de estruvita
- Ultrafiltración y ósmosis inversa
- Membranas permeables a los gases

Valorización en función de las necesidades: disponibilidad de terreno, volumen, ZV, coste etc.



ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DEL DIGESTATO

Sin procesamiento del digestato ► Aplicación directa al campo (inyectado o en banda)

PURÍN / ESTIÉRCOL	DIGESTATO
Menos homogéneo	Más homogéneo
Mayor contenido en patógenos y semillas de malas hierbas	Menor contenido en patógenos y semillas de malas hierbas
Mayor contenido en materia orgánica muy biodegradable (Incrementa temperatura y consumo de O ₂ en suelo)	Menor contenido en materia orgánica y estabilizada (Degradación lenta en el suelo e incremento de capacidad de intercambio catiónico del suelo)
Nitrógeno orgánico e inorgánico	Mayor contenido en nitrógeno inorgánico (75-80 % del N asimilable para las plantas)
Más olor	Menos olor

Tabla 11. Costes de los productos fertilizantes en la fertilización de los cultivos de colza y girasol.

Abonado de fondo mineral					
	Precio (€/kg)	Aplicación (kg/ha)		Coste (€/ha)	
		Colza	Girasol	Colza	Girasol
Nitrato amónico (33% de N)	0,34	364	363	123,76	123,42
Superfosfato cal (18% de P ₂ O ₅)	0,237	417	445	98,83	105,47
Cloruro potásico (59,55% de K ₂ O)	0,47	168	403	78,96	189,41
Coste total (€/ha)				301,55	418,30
Abonado de fondo orgánico					
	Precio (€/kg)	Aplicación (t/ha)		Coste (€/ha)	
		Colza	Girasol	Colza	Girasol
Digerido sólido	5	17,0	14,0	85	70
Digerido líquido	5	9,6	-	48	-
Coste total (€/ha)				85-48	70

Fuente: PROBIOGAS



ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DEL DIGESTATO

Separación de fases ► Fracción sólida + fracción líquida



- Separación física (solo elementos mecánicos).
- Separación físico-química (se añaden agentes químicos ej. Coagulantes, floculantes).

Ejemplo. En un tornillo prensa aprox. el 85% de la masa va a la fracción líquida y el 15% a la sólida.

- Amplia oferta y variedad de separadores.
- No elimina amonio, ni patógenos, ni sales...
- Mejora la eficiencia de tratamientos posteriores.

ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DEL DIGESTATO

Fracción sólida

- Compostaje
 - Proceso biológico aerobio de estabilización.
 - Importante la humedad, la estructura y la relación C/N de la pila.
 - Obtención de enmienda orgánica compost.
- Peletizado
 - Proceso físico.
 - Obtención de enmienda orgánica pellets.
- Secado ► se pierde y emite N amoniacal



ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DEL DIGESTATO

Fracción líquida

- Fertirrigación
 - Inyectar fracción líquida de digestato al sistema de riego.
 - Ojo con las partículas sólidas.
- Nitrificación/desnitrificación
 - Proceso biológico aerobio que transforma N consumiendo materia orgánica y oxígeno.
 - Convierte el N en N_2 , que va a la atmósfera.
 - Puede ser útil en algunos casos (ej. Zonas Vulnerables)



ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DEL DIGESTATO

Fracción líquida

- Stripping-Absorción y precipitación de estruvita
 - Proceso químico para recuperar N y P.
 - Obtención de estruvita, producto fertilizante.
- Ultrafiltración y ósmosis inversa
 - Proceso químico para recuperar N.
 - Necesidad de pretratamiento.
- Membranas permeables a los gases
 - Proceso químico para recuperar N.
 - Obtención de sal de amonio.
- Tratamientos con microalgas
 - Proceso biológico para recuperar N y P.
 - Necesidad de pretratamiento.



ORGANIZA



COLABORA



Beatriz Molinuevo Salces
beatriz.molinuevo@uva.es



Escuela Técnica Superior
de Ingenierías Agrarias Palencia

www.agrolagranja.es

Agradecimientos: Ayuda Ramón y Cajal RYC-2020-029030- I/AEI/10.13039/501100011033.
Proyecto "Valorización de subproductos agroalimentarios mediante la extracción y recuperación
de ácidos grasos volátiles y su aplicación en agricultura" PID2023-149196OB-I00 financiado
por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.