

# La contribución del digestato a la salud del suelo

## Sobre los autores

Este documento ha sido elaborado por Mieke Decorte (EBA), Gabriella Papa (EBA), Marina Pasteris (EBA), Lucile Sever (EBA), Chiara Gaffuri (EBA) y Giulia Cancian (EBA), con la colaboración de Ulysse Bremond (Air Liquide) y Cyril Flamin (ENGIE).

También nos gustaría dar las gracias a todos aquellos que aceptaron ser entrevistados para esta publicación: Stefan Graßl (Kompost Biogas), Lisa Deraedt (Asociación Nacional de Biogás de Flandes), Céline Wyffels (Asociación Nacional de Biogás de Flandes), Aurélien Bardellin (Valbiom), Filip Kušević (Fuentes de Energía Renovable de Croacia), Jan Habart (CZ Biom), Julie Dajcl (CZ Biom), Bruno Sander Nielsen (Danish Biogas Association), Ahto Oja (Estonian Biogas Association), Nelli Pitkänen (Finnish Biocycle and Biogas Association), Anna Virolainen (Finnish Biocycle and Biogas Association), Pascale Che- non (VoxGaia), Laurine Duclos (ATEE), Verena Pfahler (Fachverband Biogas), Vassileios Diamantis (HABIO), Vassilis Stamogiannis (HABIO), Attila Kovacs (National Biomethane-Biogas Green Energy Industrial Association), Seamus Crickley (Renewable gas Forum), Sean Finan (IRBEA), Noel Gavigan (IRBEA), Guido Bezzi (CIB), Lorella Rossi (CIB), Andis Karklins (Latvian Biogas Association), Baiba Brice (Latvian Biogas Association), Ton Voncken (Platform Groen Gas), Beata Wiszniewska (Polish Biomethane Organization), Michał Tarka (Polish Biomethane Organization), Jaime Braga (APPB), Dávid Kan o (Slovak Biogas Association), Sara Milner García (BIOVIC), Angelika Blom (Avfall Sve- rige) y Andrea Hjärne (Avfall Sverige).

## Acerca de la EBA

La EBA cree en el potencial de los gases renovables en Europa. Fundada en 2009, la asociación está comprometida con la expansión de la producción y el uso sostenibles de biogases en todo el continente. La EBA cuenta con una red bien establecida de casi 300 asociaciones nacionales y otras organizaciones que cubren toda la cadena de valor del biogás y el biometano en Europa y más allá.

## Póngase en contacto con

Asociación Europea del Biogás

[info@europeanbiogas.eu](mailto:info@europeanbiogas.eu)

+32 24 00 10 89

[www.europeanbiogas.eu](http://www.europeanbiogas.eu)

## Pie de imprenta

Fecha: Marzo 2024

Copyright: © 2024 EBA

Design: [Pif.agency](http://Pif.agency)

## Fotos

Páginas 1, 5, 26, 28-29, 32, 39 : Shutterstock

Páginas 8, 17, 25 : Canva

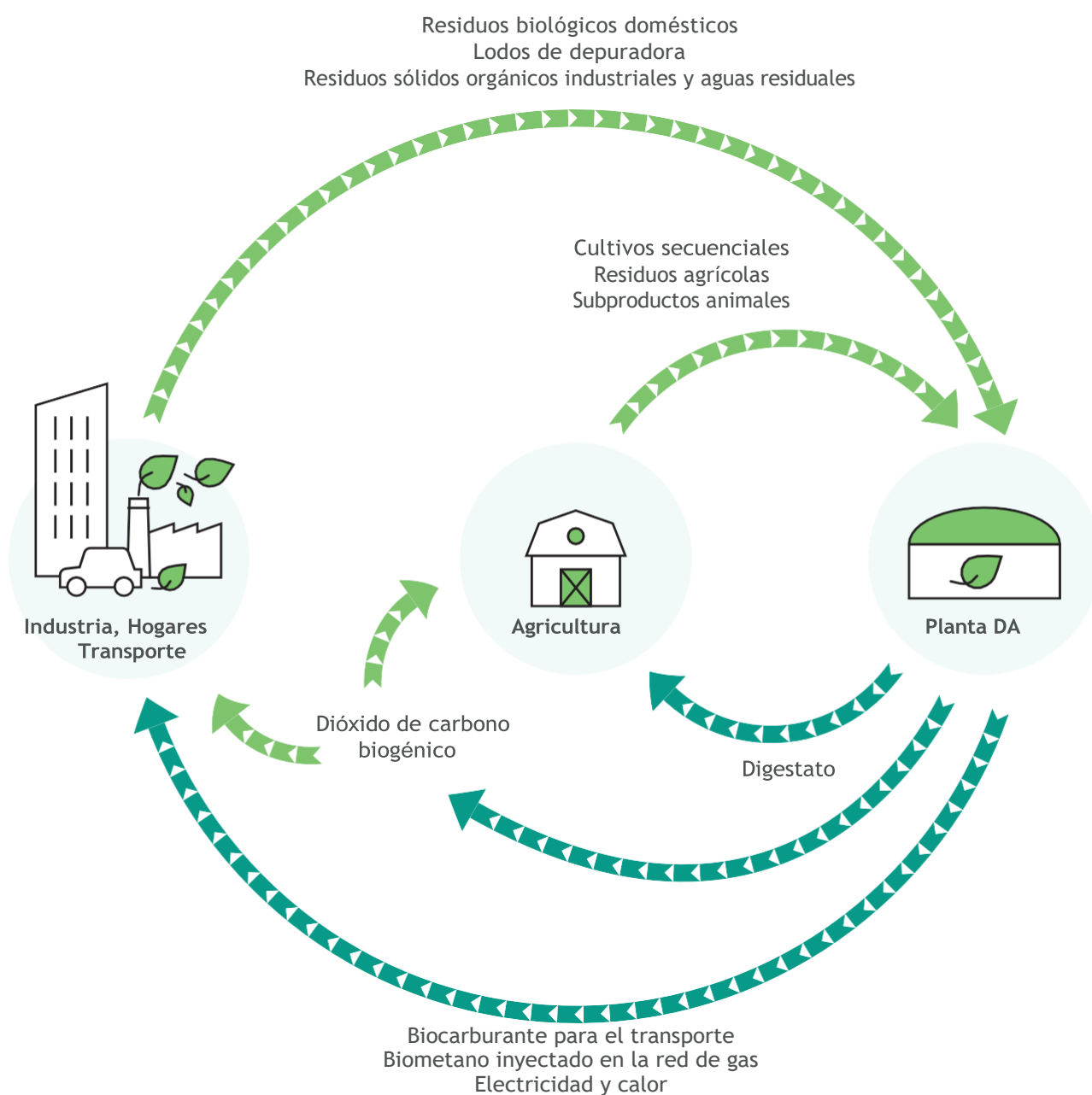
# Índice

<b>Capítulo 1 ¿Qué es el digestato?</b> .....	<b>4</b>
<b>Capítulo 2 Producción de digestato</b> .....	<b>6</b>
¿Qué ocurre en el digestor? .....	6
<i>Tres formas de materia orgánica</i> .....	7
<i>El digestato reduce la actividad microbiana del suelo.</i> .....	7
<i>Los nutrientes se conservan durante la digestión.</i> .....	8
Tipos de digestato .....	8
<i>Fracción líquida digestato</i> .....	10
<i>Fracción sólida digestato</i> .....	10
Volúmenes de digestato producidos en Europa.....	11
Producción europea de digestato por país .....	11
<b>Capítulo 3 Utilización del digestato</b> .....	<b>13</b>
Propiedades agrícolas y aplicaciones .....	13
<i>Un excelente abono con nutrientes reciclables</i> .....	13
<i>Al aplicar digestato, debe tenerse muy en cuenta la lixiviación de nitratos.</i> .....	14
<i>Un valioso mejorador del suelo, que aumenta el carbono orgánico del suelo</i> .....	15
<i>Composiciones típicas del digestato</i> .....	15
<i>Prácticas agronómicas sostenibles para aplicaciones de digestato</i> .....	16
<i>La aplicación de digestato provoca un aumento de los olores.</i> .....	17
Usos finales del digestato en Europa .....	18
Nuevas aplicaciones del digestato .....	19
<b>Capítulo 4 Impacto positivo en el medio ambiente, el clima y la salud del suelo</b> .....	<b>22</b>
Impacto positivo en el medio ambiente .....	22
<i>El digestato tiene un menor impacto medioambiental que el estiércol crudo.</i> .....	23
<i>El digestato es un abono más seguro que sus materias primas</i> .....	23
Impacto positivo en el clima.....	24
Impacto positivo en la salud del suelo .....	24
<b>Capítulo 5 Estrategias de marketing y casos prácticos</b> .....	<b>26</b>
Consideraciones económicas .....	26
Estrategias de marketing .....	27
Egg Energy, Letonia .....	27
Guilliams Green Power Plant, Bélgica .....	29
<b>Capítulo 6 Marco regulador</b> .....	<b>30</b>
Marco normativo para el digestato en la UE .....	30
Marco reglamentario a escala nacional.....	33
Principales conclusiones de las entrevistas .....	36

# Capítulo 1 ¿Qué es el digestato?

Durante el proceso de digestión anaerobia (DA), se produce biogás junto con un valioso flujo residual conocido como digestato (Figura 1). Mientras que una parte de los compuestos orgánicos de las materias primas iniciales se convierte en biogás durante el proceso, la fracción mineral permanece prácticamente intacta en el digestato, lo que lo convierte en un atractivo fertilizante orgánico-mineral.

**Figura 1: Esquema de las entradas y salidas del proceso de producción de biogás**



El digestato tiene el potencial de impulsar el sector agrícola europeo hacia prácticas regenerativas y ofrece una alternativa atractiva y sostenible a los fertilizantes sintéticos de uso común. La incorporación de digestato o sus derivados en las prácticas agronómicas de la UE contribuye a la consecución de los objetivos estratégicos de eficiencia de los recursos, economía circular y gestión medioambiental global. La utilización de digestato permite reducir el uso de fertilizantes sintéticos, tal como estipula la estrategia "de la granja a la mesa"<sup>1</sup>, promueve la gestión y restauración eficaces del suelo, aborda los desequilibrios minerales y resuelve la deficiencia de materia orgánica en los suelos, tal como se indica en la estrategia de la UE para el suelo<sup>2</sup>. Además, facilita la captura eficaz de carbono, en consonancia con la evolución actual de las políticas agrícolas de la UE.

La expansión de la producción de biogás en Europa conllevará la generación de cantidades cada vez mayores de digestato. Aprovechar sus importantes ventajas beneficiará por igual a agricultores, comunidades locales y productores. Además de ofrecer una alternativa a los fertilizantes sintéticos, el proceso de DA facilita el saneamiento de los residuos orgánicos y el estiércol animal, contribuyendo a romper la cadena de transmisión de patógenos. Esto no sólo mitiga los efectos adversos sobre la salud humana y animal, sino que también contribuye a controlar las plagas y enfermedades de las plantas.

El digestato ahorra costes a los agricultores al optimizar la utilización de sus propias fuentes y reducir su dependencia de los fertilizantes sintéticos. La concentración de minerales fácilmente disponibles, como el nitrógeno, es mayor en el digestato que en la misma materia orgánica en su forma bruta, lo que incrementa la productividad y su eficacia fertilizante. Además, los compuestos orgánicos volátiles (VOC) se reducen o eliminan durante el proceso de DA, lo que conlleva una reducción significativa de las emisiones de olores que,

de otro modo, se producirían durante la aplicación de las materias primas como abono.

Por último, debido a sus buenas propiedades fertilizantes, es mucho menos probable que el digestato se elimine de forma inadecuada (por ejemplo, vertido o almacenamiento a cielo abierto) en comparación con los residuos orgánicos brutos. Esto mitiga el riesgo de contaminación del agua, el suelo y el aire resultante de las altas concentraciones de minerales en espacios confinados.

Este documento se sumerge en la producción de digestato, destacando lo que ocurre en el digestor y qué tipos de digestato existen (Capítulo 2). A continuación, se analiza la utilización del digestato y se profundiza en sus propiedades y aplicaciones agrícolas, la gama de usos finales en Europa y las nuevas vías de aplicación (capítulo 3). A continuación, se investigan los efectos positivos sobre el medio ambiente, el clima y la salud del suelo (capítulo 4) y se estudian las estrategias de mercado (capítulo 5). El documento concluye con un análisis del marco regulador del digestato a escala nacional y de la UE (capítulo 6).



<sup>1</sup> [https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f\\_action-plan\\_2020\\_strategy-info\\_en.pdf](https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf)

<sup>2</sup> [https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy_en)

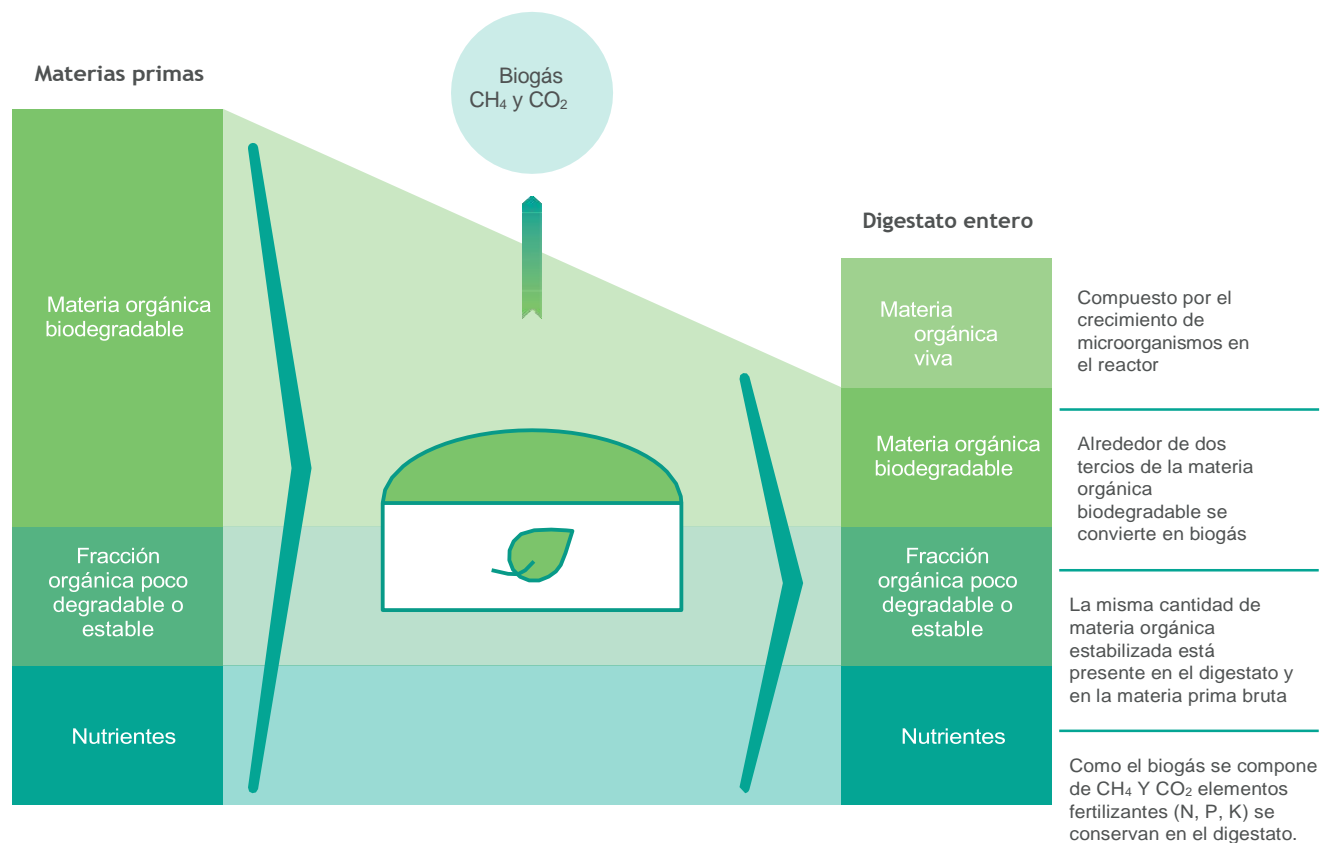
# Capítulo 2 Producción de digestato

## ¿Qué ocurre en el digestor?

Las materias primas para la DA se componen en gran parte de materiales orgánicos, minerales y agua. Los materiales orgánicos tienen diferentes niveles de biodegradabilidad. Durante el proceso de digestión, distintas familias de microorganismos degradan los elementos orgánicos complejos en moléculas más simples. Aproximadamente dos tercios de la materia orgánica biodegradable se transforman en biogás, compuesto por  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ . La composición final del digestato depende de los materiales de entrada, del tipo de proceso de digestión, así como de la posible presencia de postratamientos.

### Figura 2: ¿Qué ocurre en el digestor?

(fuente: reelaborado a partir de "l'utilisation des digestats en agriculture <sup>3</sup>")



<sup>3</sup> <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-37779-agroparistech-guide-epandage-digestats-methanisation.pdf>



## Tres formas de materia orgánica

La materia orgánica se encuentra en tres formas en el digestato:

- **Fracción orgánica poco biodegradable, o estable**, compuesta por lignina y celulosa. Esta fracción sirve como precursor de material de humus, mejorando así el complejo arcilla-humus de los suelos.
- **La materia orgánica viva**, compuesta por microorganismos. Estos microorganismos transforman y almacenan los elementos orgánicos en elementos minerales accesibles a las plantas a través de la mineralización.
- **Fracción biodegradable** compuesta por azúcares solubles y hemicelulosa, muy mineralizables. Sirve como fuente de energía y nutrientes para las bacterias del suelo y las lombrices de tierra.

La mayor parte del sustrato orgánico biodegradable se transforma en biogás. La velocidad de degradación de la materia

orgánica lábil depende de los factores, incluida la naturaleza, el tiempo de residencia y las configuraciones de proceso de los insumos.

La misma cantidad de materia orgánica estabilizada está presente en el digestato y en la materia prima. Por consiguiente, el digestato conserva su capacidad de formar humus, que permanece inalterado en comparación con los sustratos de los que procede. Cuando el digestato se esparce por el suelo, esta materia orgánica estable puede unirse a la arcilla, mejorando así el complejo arcilla-humus, esencial para la retención de agua y nutrientes. Además, se mejora la porosidad del suelo, esencial para la actividad microbiana y, por tanto, para los ciclos del carbono y nitrógeno.

Gracias a su fracción orgánica, el digestato puede proporcionar un aumento duradero de las reservas de carbono y nitrógeno orgánicos, lo que permite una liberación sostenida de carbono y nitrógeno útiles para sostener el crecimiento microbiano y la nutrición de las plantas. Los nutrientes se conservan durante la digestión

### El digestato reduce la actividad microbiana del suelo.

#### *Bajo investigación*

La actividad microbiana del suelo es importante para los suelos, entre otras cosas, porque descompone la materia orgánica del suelo (como los materiales vegetales muertos) en nutrientes que las plantas pueden utilizar para su crecimiento.

La respuesta de las comunidades microbianas del suelo a la aplicación de digestato depende de las características del digestato y del tipo de suelo<sup>\* \*\*</sup>. Los distintos tipos de suelo responden de forma diferente a la aplicación de digestatos. Mientras que algunos estudios sugieren que la aplicación de digestatos aumenta la biomasa del suelo y la actividad microbiana, son necesarios más estudios para determinar el impacto del digestato en la actividad microbiana del suelo, teniendo en cuenta las diferentes composiciones de digestato y tipos de suelo.

\* Vautrin F. et al., 2024 La respuesta a corto plazo de las comunidades microbianas del suelo a la aplicación de digestato depende de las características del digestato y del tipo de suelo Applied Soil Ecology Volume 193, January 2024, 105105

\*\* Nielsen, K.; Roß, C.-L.; Roß, C.; Hoffmann, M.; Muskulus, A.; Ellmer, F.; Kautz, T. (2020) The Chemical Composition of Biogas Digestates Determines Their Effect on Soil Microbial Activity. Agricultura, 10, 244



Como el biogás se compone principalmente de  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , la cantidad total de elementos fertilizantes N, P, K y elementos traza del sustrato se conservan en el digestato. Algunos de estos elementos se transforman en el reactor de DA. El nitrógeno orgánico del sustrato (principalmente proteínas y urea) se mineraliza parcialmente a través de un proceso de amonificación en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), que luego se convierte por

nitrificación a ( $\text{NO}_3^-$ ), una fuente de nitrógeno fácilmente disponible para las plantas. La relación amonio/nitrógeno orgánico en el digestato es mayor que en la materia prima. Aunque el contenido total de nitrógeno (orgánico y mineralizado combinados) sigue siendo el mismo durante la digestión, el porcentaje de minerales fácilmente disponibles en forma de amonio aumenta.

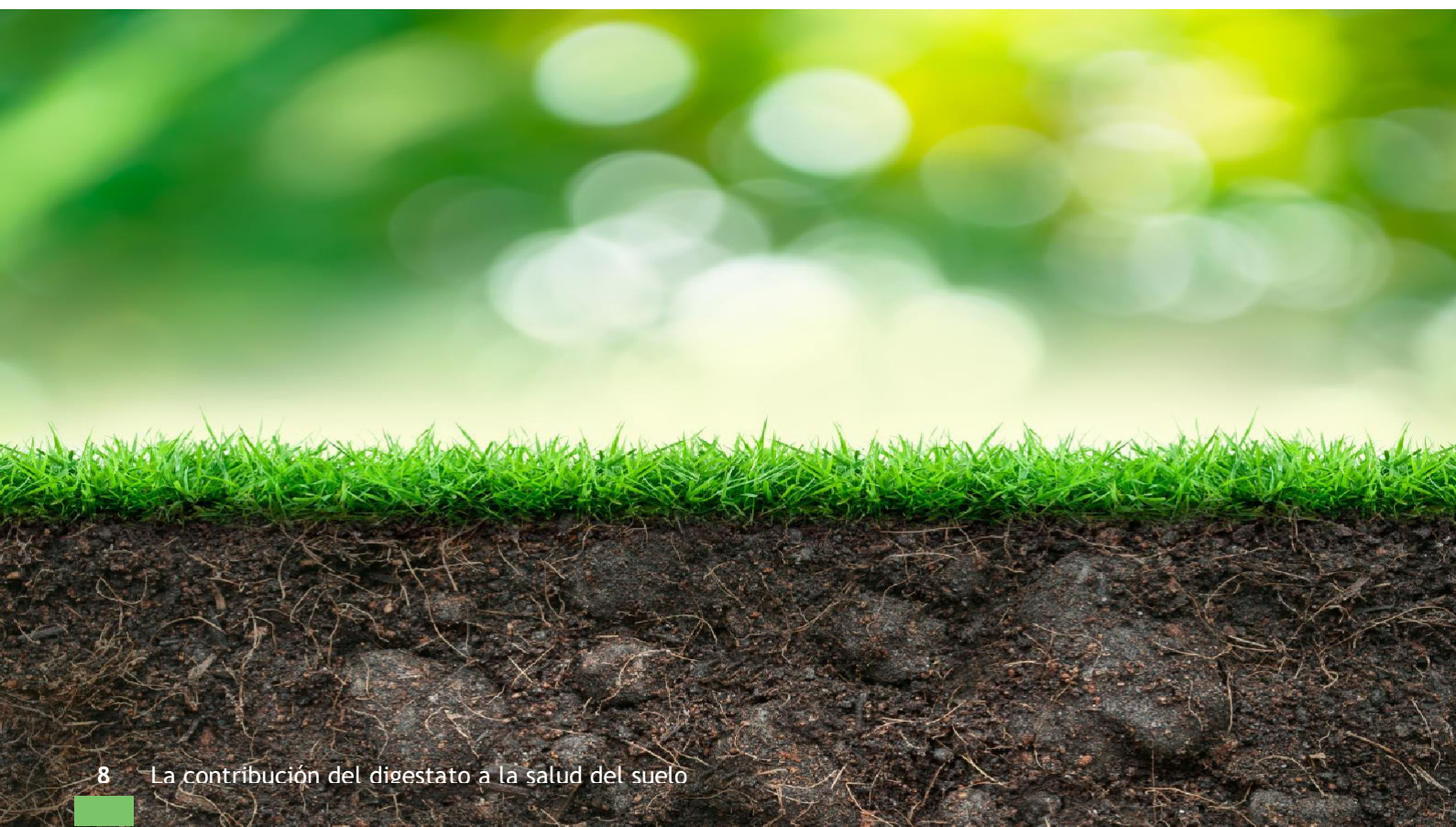
## Tipos de digestato

El digestato entero es el producto directo de los digestores y puede utilizarse sin procesar. A efectos de reducción de volumen y gestión de residuos (para reducir los costes de transporte, facilitar el esparcimiento y aumentar el valor nutritivo), el digestato puede separarse en fracciones sólidas (fibras) y líquidas mediante técnicas de separación.

El primer paso en el procesamiento suele ser la separación mecánica en fracciones líquidas y sólidas. Esto se consigue, por ejemplo, con centrifugadoras, prensas de tornillo decantadoras, prensas de cinta tamizadoras o de tambor. Los coagulantes y floculantes pueden mejorar aún más la eficacia de la separación. Los nutrientes no

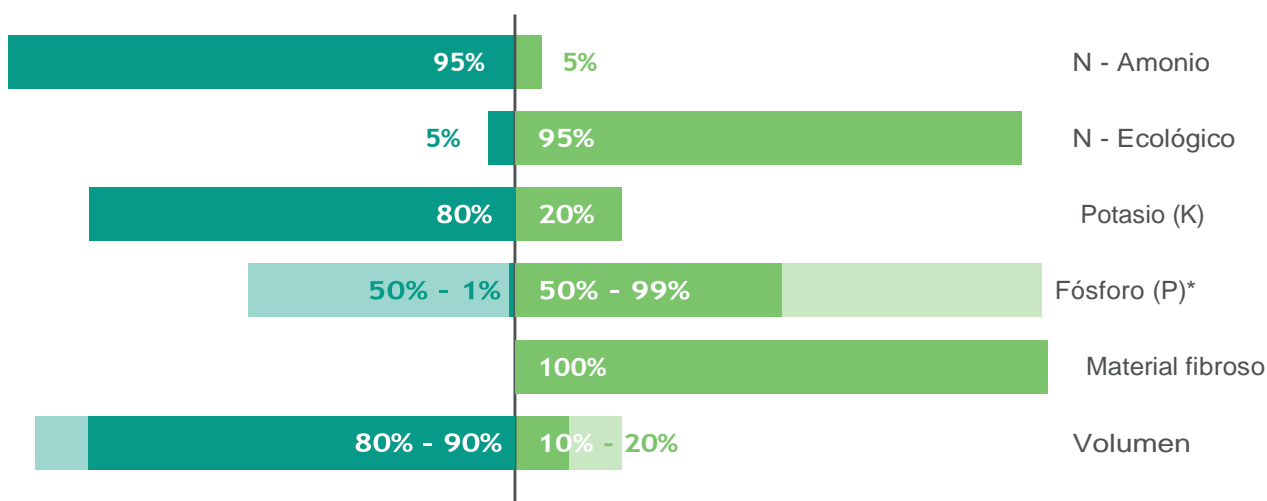
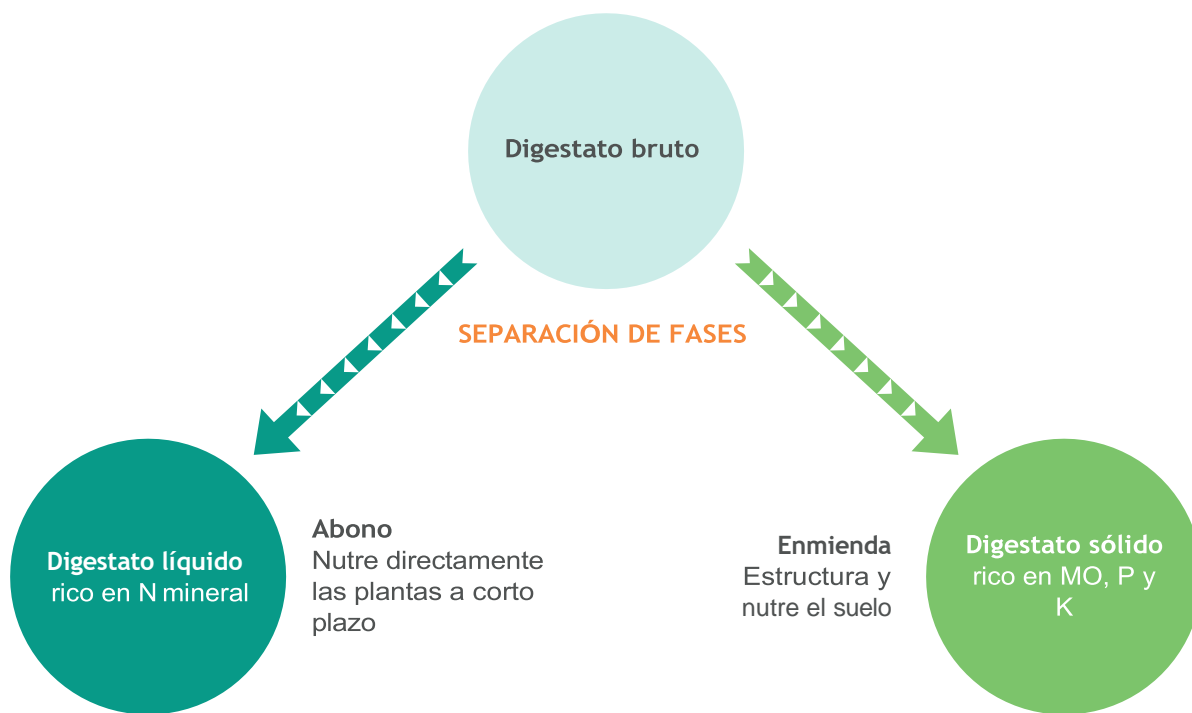
se distribuyen por igual entre las fracciones líquida y sólida tras la separación (Figura 3). Los fosfatos migran en gran medida a la fracción sólida y el nitrógeno y el potasio se encuentran principalmente en la fracción líquida. La parte sólida suele secarse o compostarse para facilitar su posterior gestión y movilización.

Dependiendo de las materias primas iniciales utilizadas y de la tecnología de digestión aplicada, la deshidratación del digestato puede variar en facilidad o dificultad. Los materiales con alto contenido en fibra aumentan considerablemente la capacidad de deshidratación.





**Figura 3: Separación del digestato en una fracción líquida y otra sólida**  
 (fuente: reelaborado a partir de "l'Utilisation des digestats en agriculture<sup>4</sup>" y Guilayn et al. 2018<sup>5</sup>)



\* Dependen del uso de coagulantes / floculantes para la separación de la fase sólida  
 \*\* Depende de la técnica utilizada

4 <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-37779-agroparistech-guide-epandage-digestats-methanisation.pdf>

5 Digestate mechanical separation: Efficiency profiles based on anaerobic digestion feedstock and equipment choice Guilayn et al. 2018

## Fracción líquida del digestato

La fracción líquida del digestato suele contener altos niveles de nitrógeno y puede aplicarse a los campos de las granjas cercanas o seguir procesándose para su mejora.

La extracción de nutrientes a partir de la fracción líquida del digestato ha sido ampliamente estudiada y documentada, destacando la variedad de opciones tecnológicas para producir fertilizantes biológicos concentrados. Los operadores de plantas emplean una amplia gama de tecnologías de acondicionamiento y tratamiento del digestato. Los tratamientos más importantes de la fracción líquida del digestato son:

**Extracción y lavado de amoníaco:** Este proceso físico-químico recupera el amoníaco de la corriente líquida rica en N del digestado en tres pasos: (1) El equilibrio  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  se desplaza hacia el lado del amoníaco mediante el aumento de la temperatura (a unos 70-80°C) y, a veces, ajustando el pH (que suele estar entre 8-10). A continuación, (2) el  $\text{NH}_3$  se elimina del digestato líquido a la fase gaseosa mediante un flujo de aire contracorriente en un reactor de torre de lecho compacto. Por último (3), el  $\text{NH}_3$  resultante en el aire o el vapor se recoge haciéndolo reaccionar con una solución ácida fuerte, como el ácido sulfúrico. Esta reacción produce una solución fertilizante comercial, el sulfato de amonio. El nivel actual de preparación tecnológica (TRL) es de hasta 9.

**Filtración por membrana:** Con las membranas de filtración más finas (ósmosis inversa u OI), sólo el agua pasa a través de los poros de la membrana y las demás moléculas quedan retenidas. Este proceso produce un permeado de agua desmineralizada y un concentrado rico en minerales. El fósforo está presente en menor medida, ya que los fosfatos permanecieron en gran parte dentro de la fracción sólida durante la fase de separación. El digestato líquido se somete a prefiltración en una cascada de membranas antes de llegar a las membranas de

filtración más finas. Estas dos etapas son necesarias para eliminar las partículas más gruesas. El TRL es de hasta 9.

## Fracción sólida del digestato

La fracción sólida es estable y rica en carbono y fósforo. El volumen reducido facilita el transporte a una región más amplia. Puede utilizarse como acondicionador del suelo o tratarse posteriormente.

Existen varias opciones para procesar la fracción sólida del digestato. Puede compostarse para estabilizarlo aún más, o secarse y prensarse para obtener pellets de fertilizante. La conversión en pellets facilita tanto el transporte como el uso. Otras tecnologías de procesado son:

**Pirólisis y gasificación:** Tras secarse para reducir su contenido en agua por debajo del 15%, la fracción sólida del digestato puede someterse a una conversión termoquímica mediante pirólisis o gasificación. Estos procesos consisten en someter el digestato seco a altas temperaturas, ya sea en ausencia de oxígeno (pirólisis) o con una cantidad controlada de oxígeno (gasificación). Los productos resultantes son aceites renovables (pirólisis) o gas de síntesis (pirólisis y gasificación), junto con carbón vegetal. El carbón se puede utilizar de varias formas, como su aplicación a los suelos como sumidero de carbono, o como adsorbente para purificar agua o gas. El TRL es de 9.

**Carbonización hidrotérmica:** A diferencia de la pirólisis y la gasificación, la técnica de carbonización hidrotérmica elimina la necesidad de una etapa de secado. La fracción sólida del digestato se trata a temperaturas suaves (180-280°C) en condiciones de presión elevada<sup>6</sup> y bajo tiempo de residencia (5-120 min). El agua actúa como disolvente solubilizando el nitrógeno y el fósforo. El hidrocarbón resultante, rico en carbono, puede aplicarse como enmienda del suelo o como matriz adsorbente. El TRL actual es de 8<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-6622>

<sup>7</sup> <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/702973/Eslava-Ursuga%2C%20Angela%20Maria.pdf?isAllowed=y&sequence=3>

## Volúmenes de digestato producidos en Europa

Tras consultar a sus miembros, la Asociación Europea del Biogás (EBA) ha calculado la producción total de digestato en Europa basándose en la producción europea actual y potencial de biogases<sup>8</sup>. Los volúmenes totales de producción de digestato se calcularon para 2022, 2030 y 2050 (Tabla 1). El volumen total de digestato producido en 2022 se estima en 31 millones de toneladas (Mt) de materia seca (MS). Para 2030, pueden producirse 75 Mt de MS de digestato, mientras que el potencial total de digestato para 2050 es de 177 Mt de MS de digestato.

Utilizando las composiciones medias de nutrientes de los digestatos (véase el capítulo 3), se obtienen las cantidades totales de nutrientes disponibles en los digestatos en 2022, 2030 y 2050. Los resultados muestran que, en total, el digestato producido en 2022 contenía 1.7 Mt de nitrógeno (TKN<sup>9</sup>), 0.3 Mt de fósforo (P) y 0.2 Mt de potasio (K). Para 2030, el potencial de nutrientes del digestato alcanza 4.1 Mt de nitrógeno (TKN), 0.7 Mt de fósforo (P) y 0.4 Mt de potasio (K). En 2050, estos valores seguirán aumentando hasta dar 9.7 Mt de nitrógeno (TKN), 1.7 Mt de fósforo (P) y 0.8 Mt de potasio (K).

**Cuadro 1: Volúmenes totales de producción de digestato [Mt de materia seca (MS)] y contenido en nutrientes (Mt) en 2022, 2030 y 2050**

Parámetro	2022	2030	2050
Producción total de digestato (Mt MS/año)	31	75	177
Contenido en nutrientes (Mt)			
Nitrógeno (TKN)	1.7	4.1	9.7
Fósforo (P)	0.3	0.7	1.7
Potasio (K)	0.2	0.4	0.8

Según Fertilizers Europe<sup>10</sup>, la demanda total de nutrientes en Europa, basada en el valor medio de las tres temporadas de cultivo 2018/2019, 2019/2020 y 2020/2021 es de 11.1 Mt de nitrógeno, 2.8 Mt de fósforo y 3.1 Mt de

potasio por año. Si se comparan la demanda total de nutrientes en Europa con los volúmenes de nutrientes que pueden aportarse mediante el uso de digestato pone de manifiesto la considerable cuota que puede cubrir el digestato.

## Producción europea de digestato por país

Dependiendo de las condiciones agronómicas y del mercado, los tipos de digestato producidos difieren de un país a otro. Mientras que el reconocimiento y la valorización del digestato suscitan el interés de los agricultores, no se dispone de datos comparables y consolidados sobre su producción en los distintos países europeos.

A continuación, se ofrece una visión general de los volúmenes de producción de digestato en 2022 en determinados países europeos.

- **Suiza** produce 182,000 toneladas de MS de digestato, de las cuales 55,000 toneladas de MS son digestato entero.

<sup>8</sup> Los detalles sobre la metodología aplicada pueden consultarse en el [Informe Estadístico de la ABE, 2023](#)

<sup>9</sup> TKN: nitrógeno total Kjeldahl

<sup>10</sup> Fertilizantes Europa (2021). Previsiones sobre la alimentación, la agricultura y el uso de fertilizantes en la Unión Europea 2021-2031.

<https://www.fertilizerseurope.com/forecast-of-foodfarming-and-fertilizer-use-in-the-european-union-2021-2031/>

Una gran parte del digestato producido se separa, dando lugar a 48,000 toneladas de MS de digestato de fracción líquida y 49,000 toneladas de MS de digestato de fracción sólida. En 2022 se produjeron 30,000 toneladas MS de compost a partir de digestato. En Suiza, la mayor parte del digestato se utiliza directamente como biofertilizante; una pequeña parte se emplea en horticultura.

- **Dinamarca** produce un total de 15.8 Mt (materia fresca) de digestato entero. La mayor parte del digestato procede del estiércol. Se están construyendo al menos 4 plantas piloto de pirólisis de digestato en plantas de biogás danesas y esta vía se considera importante para el futuro.
- En **Italia**, la cantidad total de digestato procedente de materias primas agrícolas en 2022 ascendió a 3 Mt de MS. La integración de la digestión anaerobia en las instalaciones de compostaje en Italia está muy extendida. Por lo tanto, el digestato de los residuos orgánicos municipales a menudo se envía directamente para el compostaje en la misma planta.
- En 2022, **Polonia** produjo cerca de 4.4 Mt de digestato entero (materia fresca). El digestato se aplica directamente a las tierras agrícolas vecinas, sin que se produzca separación.
- La producción de biogás de **Serbia** se traduce en 20,918 toneladas de MS de digestato de fracción líquida y 18,271 toneladas de MS de digestato de fracción sólida. Todo el digestato se separa en una fracción líquida y otra sólida. Tanto la fracción líquida como la sólida se utilizan directamente como biofertilizantes en las tierras agrícolas vecinas.
- En **Suecia**, la cantidad total de digestato no separado producido en 2022 fue de 263,283 toneladas de MS, de las cuales más del 50% se obtuvo de plantas de tratamiento de aguas residuales y casi el 30% de substratos agrícolas (principalmente estiércol).

El 20% restante procede de plantas de codigestión. En Suecia apenas se separa el digestato en fracciones líquidas y sólidas, y la mejora del digestato (a excepción de la deshidratación del digestato de aguas residuales) no es habitual en el país. La mayor parte (90%) del digestato se utiliza en la agricultura.

- En 2022, **Eslovaquia** produjo un total de 1,396,648 toneladas (materia fresca) de digestato entero. La mayor parte del digestato del país procede de materias primas agrícolas y los nutrientes se devuelven al suelo mediante su uso directo como fertilizante.
- En el **Reino Unido**, el digestato se clasifica genéticamente en dos categorías: digestato con estatus de residuo y digestato con estatus de producto. La producción total de digestato fue de 705,771 toneladas de MS en 2021. La producción de digestato entero ascendió a 331,158 toneladas de MS. Las plantas con unidades de separación produjeron un total de 256,290 toneladas de MS de fracción líquida de digestato y unas 118,323 toneladas de MS de fracción sólida de digestato. Todavía no se ha cuantificado la producción de compost a partir de digestato. Un pequeño número de instalaciones del Reino Unido maduran aeróbicamente el digestato separado y una pequeña parte de las plantas composta su digestato en una instalación de compostaje, donde se combina con otros flujos biodegradables. En el Reino Unido se valoriza relativamente poco digestato.
- **Ucrania** produjo 119,167 toneladas de MS de digestato no separado, de las cuales el 76% se generó a partir de materias primas agrícolas. La mayor parte del digestato se utiliza directamente como biofertilizante en tierras agrícolas vecinas.

# Capítulo 3 Utilización del digestato

## Propiedades y aplicaciones agrícolas

El uso más establecido y convencional del digestato en Europa es su aplicación como fertilizante orgánico y enmienda del suelo. Se ha demostrado que su aplicación directa en las tierras de cultivo aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, con efectos beneficiosos sobre el crecimiento de los cultivos<sup>11, 12</sup>. Normalmente, el porcentaje de nitrógeno amoniacal es mayor en el digestato que en la materia prima original, lo que aumenta su valor como fertilizante. Por ejemplo, se ha observado que la absorción de nitrógeno de los digestatos de purines animales es entre un 10 y un 20% superior a la de los purines sin digerir<sup>13, 14</sup>. Sin embargo, como ocurre con todos los fertilizantes, se requiere una gestión adecuada para explotar todo su potencial y maximizar la eficiencia del uso de nutrientes.

El valor agronómico de la aplicación de digestato es doble. El digestato proporciona:

- 1). Nutrientes para el crecimiento de las plantas, que garantizan el rendimiento de los cultivos.
- 2). Estabiliza la materia orgánica, aumenta el contenido de humus del suelo y facilita el secuestro de carbono.

### Un excelente fertilizante con nutrientes reciclables

Después de la DA, la parte mineral de la materia prima inicial permanece casi completamente en el digestato. Reciclaje del digestato en el suelo contribuye a cerrar los

ciclos de nutrientes como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) para un crecimiento más eficiente de los cultivos. En comparación con el sistema convencional, también permite un uso eficaz de los recursos y el equilibrio mineral dentro de un enfoque de economía circular. Gracias a la DA, el reciclaje de nutrientes se ve reforzado por el mayor porcentaje de minerales fácilmente disponibles en el digestato en comparación con las materias primas iniciales. Además de NPK, el digestato también puede contener otros macro y microelementos, como el magnesio, lo que aumenta su valor económico y agronómico.

Al igual que el nitrógeno mineral, el digestato contiene nitrógeno en forma orgánica que no se ha degradado durante la DA. Parte de este nitrógeno se mineraliza durante el año siguiente a la adición, bajo la acción de los organismos vivos del suelo. La otra parte se almacena en la materia orgánica del suelo (humificación). La fracción humificada se mineralizará a continuación a la misma velocidad que la materia orgánica del suelo. Por consiguiente, se pueden considerar dos tipos de efectos del digestato para la alimentación de los cultivos con nitrógeno:

- Efecto a corto plazo relacionado con el nitrógeno mineral y el nitrógeno orgánico mineralizado;
- Efecto a largo plazo vinculado a la modificación de las reservas de nitrógeno orgánico en el suelo.<sup>15</sup>

11 Herrera, A., D'Imporzano, G., Clagnan, E., Pigoli, A., Bonadei, E., Meers, E., & Adani, F. (March 2023). Pig Slurry Management Producing N Mineral Concentrates: A Full-Scale Case Study. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(19), 7309-7322. DOI: 10.1021/acssuschemeng.2c07016

12 Reuland, G., Sigurnjak, I., Dekker, H., Sleutel, S., & Meers, E. (2022) Assessment of the Carbon and Nitrogen Mineralisation of Digestates Elaborated from Distinct Feedstock Profile. *Agronomy*, 12, 456. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020456>

13 Tambone, F., & Adani, F. (April 2017). Nitrogen mineralization from digestate in comparison to sewage sludge, compost and urea in a laboratory incubated soil experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 180(3), 355-365. <https://doi.org/10.1002/jpln.201600241>

14 European Commission, Joint Research Centre, Huygens, D., Orveillon, G., Lugato, E., Tavazzi, S., Comero, S., Jones, A., Gawlik, B., & Saveyn, H. G. M., (2020). Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC).

15 L'utilisation des digestats en agriculture, les bonnes pratiques à mettre en oeuvre..





## Al aplicar digestato, debe tenerse muy en cuenta la lixiviación de nitratos

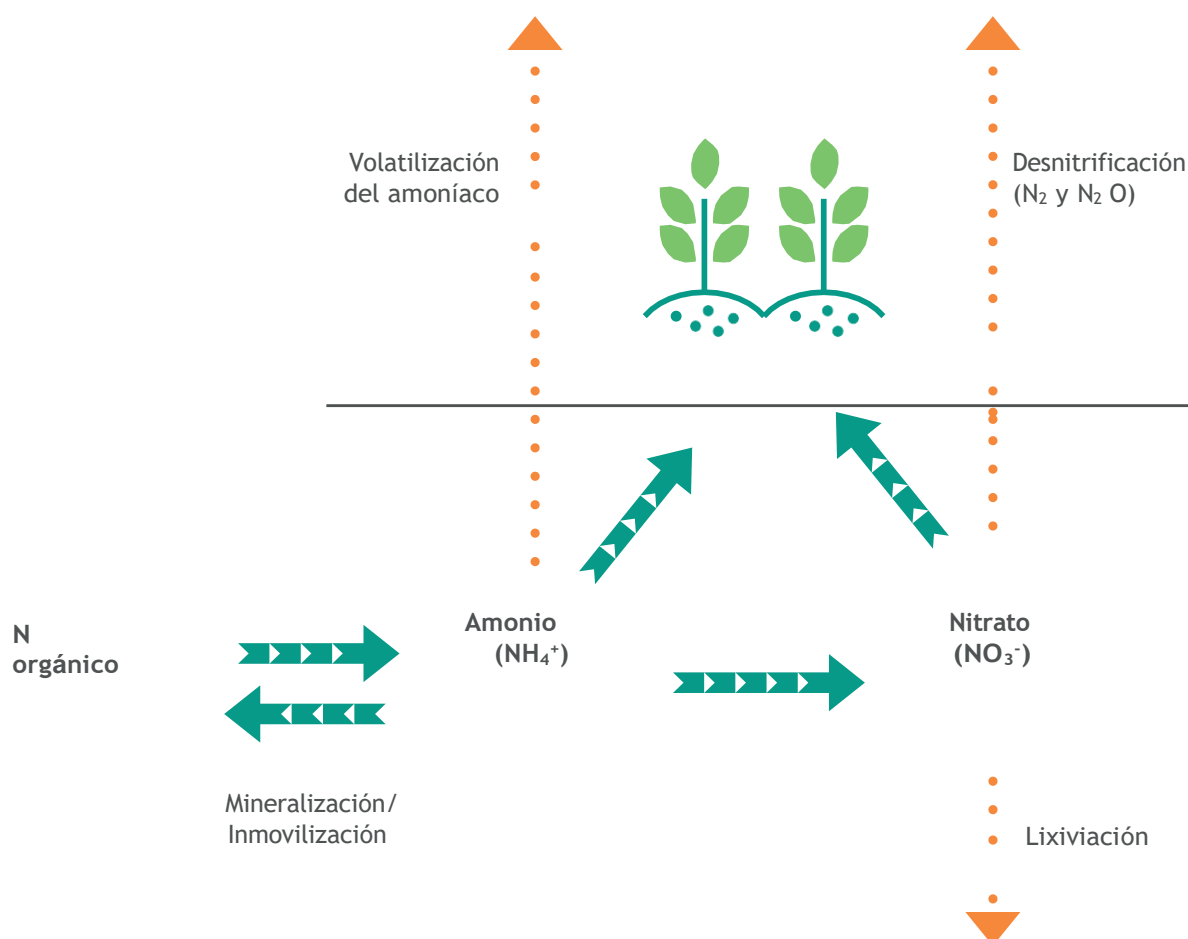
### REALIDAD

Tras esparcir el digestato, la nitrificación por las bacterias del suelo convierte el nitrógeno en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) en iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Mientras que los cationes  $\text{NH}_4^+$  son retenidos por el suelo cargado negativamente, los  $\text{NO}_3^-$  pueden moverse libremente en la solución del suelo. Los nitratos pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas o perderse por lixiviación en las capas más profundas del suelo, llegando finalmente a las aguas subterráneas y a los ríos. Aunque la lixiviación de nitratos debe controlarse cuidadosamente cuando se aplica digestato, hay que tener en cuenta que existe un riesgo similar o mayor de lixiviación de nitratos cuando se aplican fertilizantes sintéticos.

Para mitigar los riesgos de lixiviación, es primordial respetar el periodo de esparcimiento adecuado y tener en cuenta las condiciones meteorológicas. Además, el empleo de la tecnología CULTAN (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition – Nutrición de amonio a largo plazo con absorción controlada)\* para la fertilización resulta beneficioso para mejorar la eficacia del nitrógeno y minimizar el potencial de lixiviación. La dosificación debe adaptarse a las necesidades del cultivo y debe tenerse en cuenta la mineralización del nitrógeno durante los periodos invernales. La aplicación de digestato puede combinarse con cultivos de invierno capaces de retener el nitrógeno y otros nutrientes. Por último, en la propia planta de biogás, es fundamental disponer de suficiente capacidad de almacenamiento de digestato para poder esparcirlo en el momento óptimo.

\* Nabel et al., 2018) Frontiers in Plant Science 9 1095.3389/fpls.2018.01095

Figura 4: Ilustración de la lixiviación de nitratos



## Un valioso mejorador del suelo, que aumenta el carbono orgánico del suelo

El digestato contiene cantidades significativas de compuestos de carbono orgánico estable con un alto potencial de humificación, lo que aumenta el contenido de humus del suelo, mejorando la fertilidad y facilitando el secuestro de carbono. Esto aumenta la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes como el amonio en forma amoniacal, reduciendo así la lixiviación de nitratos. A diferencia del uso exclusivo de fertilizantes sintéticos convencionales, la fertilización a largo plazo con digestato mejora la estructura del suelo, su aireación y su capacidad de almacenamiento de agua. Además, un suelo bien estructurado ayuda a fomentar su comunidad microbiana y, en última instancia, su eficiencia en el uso del carbono. Gracias a la capacidad del digestato para almacenar carbono en el suelo, su aplicación es tanto una práctica sostenible de gestión del suelo como una práctica de agricultura del carbono.

## Composiciones típicas del digestato

La composición del digestato depende de la naturaleza del sustrato, del tipo de microorganismos presentes en el reactor y de las condiciones y configuraciones operativas durante la DA (por ejemplo, el tiempo de retención hidráulica, la tasa de carga orgánica, el tipo de mezcla, la temperatura y el pH). Los sustratos deben contener nutrientes equilibrados para promover el crecimiento bacteriano en el reactor y son clave para mantener la calidad y la seguridad del digestato. Debido a la gran variabilidad de los insumos utilizados, es difícil vincular con precisión las características agronómicas a los digestatos producidos.

La EBA resumió los resultados de la bibliografía para determinar la composición típica tanto del digestato de origen agrícola como del digestato de origen de residuos biológicos (Tabla 2).

**Cuadro 2: Composición media de nutrientes de los digestatos agrícolas y de biorresiduos, según la bibliografía (fuente: Informe estadístico de la EBA de 2023)**

	DM g/kg FM	TOC g/kg MS	TKN g/kg MS	N-NH <sub>4</sub> g/kg MS	P g/kg MS	K g/kg MS	Ca g/kg MS	Mg g/kg MS	Fuente de Datos
Agricultura	57	297	67	34	14	9	16	5	16, 17, 18, 19, 20, 21
Residuos biológicos	n.d.	227	46	36	8	27	3	18	22, 23, 24., 25

16 Pigoli, A., Zilio, M., Tambone, F., Mazzini, S., Schepis, M., Meers, E., Schoumans, O., Giordano, A., & Adani, F. (2021). Thermophilic anaerobic digestion as suitable bioprocess producing organic and chemical renewable fertilizers: A full-scale approach. *Waste Management*, 124, 356-367. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.028>

17 Tambone, F., Orzi, V., D'Imporzano, G., & Adani, F. (2017). Fraccionamiento sólido y líquido de digestato: Mass balance, chemical characterization, and agronomic and environmental value. *Bioresource Technology*, 243, 1251-1256. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.130>

18 Reuland, G., Sigurnjak, I., Dekker, H., Sleutel, S., & Meers, E. (2022) Assessment of the Carbon and Nitrogen Mineralisation of Digestates Elaborated from Distinct Feedstock Profiles. *Agronomy*, 12, 456. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020456>

19 Barduca, L., Wentzel, S., Schmidt, R., Malagoli, M., & Joergensen, R. G. (noviembre de 2020). Mineralisation of distinct biogas digestate qualities directly after application to soil. *Biology and Fertility of Soils*, 57, 235-243. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01521-5>

20 Möller, K., & Müller, T. (2012). Efectos de la digestión anaerobia en la disponibilidad de nutrientes del digestato y el crecimiento de los cultivos: A review. *Ingeniería en Ciencias de la Vida*. 12, 242-257. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100085>

21 Barampouti, E. M., Mai, S., Malamis, D., Moustakas, K., & Loizidou, M. (2020). Exploring technological alternatives of nutrient recovery from digestate as a secondary resource. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110379. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110379>

22 Bauer, L., Ranglová, K., Masojídek, J., Drosig, B., & Meixner, K. (2021). Digestate as Sustainable Nutrient Source for Microalgae- Challenges and Prospects. *Applied Sciences*, 11(3), 1056. <https://doi.org/10.3390/app11031056>

23 Sheets, J. P., Yang, L., Ge, X., Wang, Z., & Li, Y. (octubre de 2015). Más allá de la aplicación en tierra: Tecnologías emergentes para el tratamiento y reutilización de residuos agrícolas y alimentarios digeridos anaeróbicamente. *Waste Management*, 44, 94-115. <https://doi.org/10.1016/j.was-man.2015.07.037>

24 Jimenez J., Grigatti M., Boanini E., Patureau D., Bernet N., (2020) The impact of biogas digestate typology on nutrient recovery for plant growth: accessibility indicators for first fertilization prediction. *Waste Manag.* 42020:117:18-31. [10.1016/j.wasman.2020.07.052](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.052)

25 García-López, A.M.; Delgado, A.; Anjos, O.; Horta, C. El digestato no sólo afecta a la disponibilidad de nutrientes sino también a los indicadores de calidad del suelo. *Agronomy* 2023, 13, 1308. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051308>

Los digestatos pueden agruparse en función de cualidades como C, N, P, sólidos y materia orgánica. En función de la concentración de sólidos totales (ST) y del tipo de materia prima, los digestatos pueden clasificarse en las siguientes fuentes principales<sup>26</sup>:

- Fibrosos líquidos (por ejemplo, residuos de cultivos ensilados, purines de ganado)
- Lodos de depuradora líquidos
- Purín líquido
- Purines codigeridos con ensilado y residuos verdes (digestión anaerobia seca)
- Residuos sólidos urbanos (gestión anaeróbica en seco)
- Materia prima fibrosa (digestión anaerobia seca de estiércol de ganado y residuos verdes)

## Prácticas agronómicas sostenibles para aplicaciones de digestato

Como ocurre con todos los fertilizantes, la aplicación de digestato en el suelo debe supervisarse cuidadosamente durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo para garantizar que el digestato contribuya positivamente al aporte de nutrientes. Para contribuir a la estrategia de Economía Circular y al objetivo del Green Deal de reducir las pérdidas de nutrientes en un 50% para 2030, mejorando al mismo tiempo la

fertilidad del suelo, la aplicación de digestato debe calibrarse en función de las necesidades de nitrógeno del cultivo para garantizar que:

- El amonio disponible es absorbido de la forma más eficiente posible por el cultivo en cuanto se aplica el digestato. Para evitar el riesgo de lixiviación de nitratos, los agricultores deben aspirar a la mejor eficiencia en el uso de nutrientes<sup>27</sup>. Con este fin, los agricultores deben ajustar la aplicación de digestato a periodos de tiempo y estados de crecimiento específicos en el campo.
- Debe controlarse la parte de nitrógeno orgánico biodegradable del digestato, que seguirá mineralizándose con el tiempo. Deberá realizarse un seguimiento para garantizar que las nuevas aportaciones de digestato tengan en cuenta la absorción continua de nitrógeno por parte de los cultivos.

Para evitar la lixiviación de nitrógeno, la aplicación de digestato puede combinarse con el crecimiento de cultivos intermedios capaces de retener nitrógeno y otros nutrientes<sup>28, 29</sup>.

La inyección directa de digestato en el suelo, junto con un almacenamiento adecuado del mismo, se postulan como una práctica eficaz para mitigar los olores y las emisiones antes, durante y después de la aplicación del digestato<sup>30</sup>.

26 Jimenez J., Grigatti M., Boanini E., Patureau D., Bernet N., (2020) The impact of biogas digestate typology on nutrient recovery for plant growth: accessibility indicators for first fertilization prediction. *Waste Manag.* 42020:117:18-31. 10.1016/j.wasman.2020.07.052

27 García-López, A.M.; Delgado, A.; Anjos, O.; Horta, C. Digestate Not Only Affects Nutrient Availability but Also Soil Quality Indicators. *Agronomy* 2023, 13, 1308. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051308>

28 De Notaris C., Rasmussen J., Sørensen P., Olesen J.E., (2018) Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 255, 1, 1-11

29 Justes E.E., Rechauchère O., Chemineau P. (2012) The use of cover crops to reduce nitrate leaching: Effect on the water and nitrogen balance and other ecosystem services. *INRA.*, 8 p. fhal-03231464 <https://hal.science/hal-03231464/document>

30 Orzi, Valentina & Riva, Carlo & Scaglia, Barbara & D'Imporzano, Giuliana & Tambone, F & Adani, Fabrizio. (2017). Anaerobic digestion coupled with digestate injection reduced odour emissions from soil during manure distribution. *The Science of the total environment.* 621. 168-176. 10.1016/j.scitotenv.2017.11.249.



## La aplicación de digestato provoca un aumento de los olores

### MITO

Todo proceso biológico que implique un metabolismo microbiano conlleva la generación de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y olores. Estas emisiones pueden causar molestias y suponer un daño potencial o toxicidad para la salud humana. En este contexto, el proceso de DA desempeña un papel importante en la reducción de las emisiones de VOC: dos tercios de la materia orgánica biodegradable se convierten en biogás durante el proceso de DA, dejando un producto biológicamente estable. El resultado es una reducción significativa de las emisiones de VOC y de los olores durante la aplicación del digestato en comparación con sus materias primas.

Además de las emisiones de VOC, durante la aplicación del digestato pueden producirse emisiones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Las emisiones gaseosas de amoníaco proceden del ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) contenido en el digestato. Sin embargo, existen estrategias de mitigación eficaces. Entre ellas se encuentran la inyección directa del digestato en el suelo, el control de nutrientes en tiempo real y los métodos de agricultura de precisión\*. La acidificación de los digestatos o purines hasta un pH de aproximadamente 6 puede inhibir la volatilización del  $\text{NH}_3$ , y prácticas como la aplicación de ácidos durante el almacenamiento o esparcimiento de los digestatos reducen las emisiones de forma significativa.

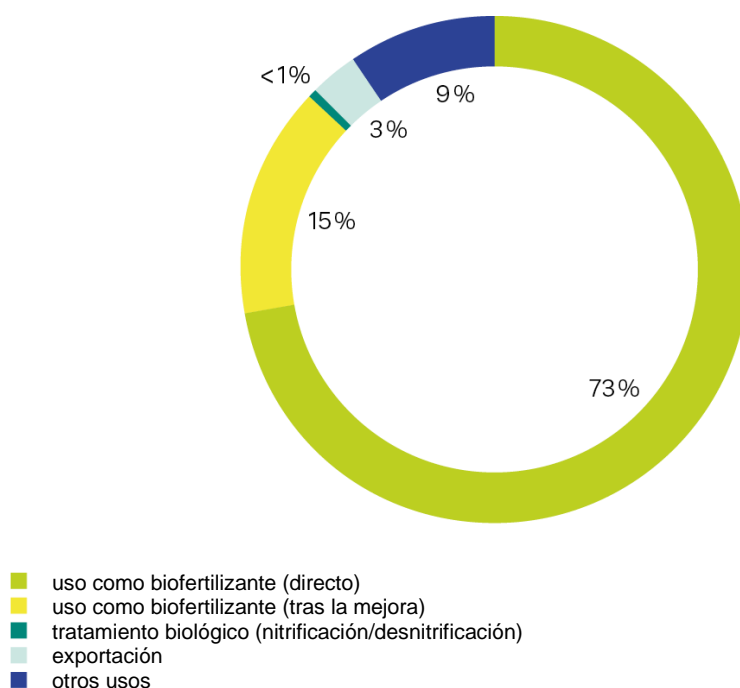
\* Yan X., Ying Y., Kunkun Li K., Zhang Q., Wang K., (2024) A review of mitigation technologies and management strategies for greenhouse gas and air pollutant emissions in livestock production. Journal of Environmental Management 352, 120028.



## Usos finales del digestato en Europa

Según los datos disponibles<sup>31</sup>, se calcula que el 73% del digestato europeo se aplica directamente como biofertilizante y que aproximadamente el 15% del digestato producido se mejora antes de aplicarse a los campos agrícolas (Figura 5). El resto del digestato se destina a otras aplicaciones, como la horticultura, la producción de suelos, la cobertura de vertederos, el procesamiento biológico, etc., o se exporta.

**Figura 5: Usos finales del digestato en Europa**



31 Datos disponibles en la base de datos de la ABE para Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Noruega, Polonia, Serbia, Eslovaquia, Eslovenia, Suecia, Suiza y Ucrania.



## Nuevas aplicaciones del digestato

El uso del digestato va más allá de su aplicación tradicional en la agricultura, subrayando su valor no sólo para la recuperación de nutrientes y enmiendas del suelo, sino también para una serie de otras aplicaciones. Entre ellas, la producción de materiales de carbono para aplicaciones de almacenamiento de energía, la síntesis de nanomateriales, carbón vegetal, biocombustibles y productos microbianos una amplia aplicación en las industrias alimentaria y química<sup>32, 33</sup>.

La investigación y la innovación son fundamentales para el desarrollo de opciones novedosas y competitivas de valorización del digestato. En la Figura 6 se resumen las diferentes rutas de mejora y procesamiento del digestato. Algunos de los mejores ejemplos de aplicaciones innovadoras en este campo son:

- **Digestato para el cultivo de insectos:** El cultivo de insectos en digestato para producir proteínas suscita cada vez más interés en la investigación<sup>34</sup>. Durante el proyecto VALUEWASTE<sup>35</sup>, la planta piloto situada en instalaciones de gestión de residuos de Murcia (España) demostraron con éxito la valorización de biorresiduos en ingredientes para alimentos y piensos a través de insectos que se alimentan del digestato sólido.

El digestato sólido se lleva a una unidad piloto de cría de la mosca soldado negra<sup>36</sup>, que produce larvas secas. Posteriormente, éstas se transforman en harina con un alto contenido en proteínas. Ejemplos de producción de insectos a partir de digestato a escala comercial por diferentes empresas en Europa son prometedoras<sup>37</sup>, pero se necesitan más investigación y desarrollo.

- **Digestato como agente de pretratamiento:** El digestato líquido ha demostrado su eficacia como agente de pretratamiento para mejorar la producción de biogás a partir de biomasa lignocelulósica. Por ejemplo, el estiércol porcino digerido se utilizó para mejorar la producción de biogás a partir de paja, demostrando su efecto sobre la biomasa recalcitrante<sup>38, 39, 40</sup>. Este enfoque de pretratamiento podría acelerar la puesta en marcha de la DA y facilitar la digestión de bioplásticos, ofreciendo beneficios para la gestión de los residuos orgánicos municipales<sup>41</sup>.

32 Wang W, Chang J-S, Lee D-J., (2023) Anaerobic digestate valorisation beyond agricultural application: Current status and prospects. *Bioresource Technology* 373, 128742, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128742>

33 Selvaraj P.S, et al., (2022) Novel resources recovery from anaerobic digestates: Current trends and future perspectives, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52:11, 1915-1999, DOI: 10.1080/10643389.2020.1864957

34 Fu S-F., Wang D-H, Zhong X., Zou H, Zheng Y. (2022). Producing insect protein from food waste digestate via black soldier fly larvae cultivation: A promising choice for digestate disposal. *Science of The Total Environment* 830, 15, 154654 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154654>

35 The Biorefine Cluster Europe. Valuewaste. Unlocking new value from urban biowaste. <https://www.biorefine.eu/projects/valuewaste/>

36 Entomo Agroindustrial. Industrial solutions for the treatment of organic matter using insects. <https://entomoagroindustrial.com/en/>

37 Entomo Agroindustrial <https://entomoagroindustrial.com/en/>

38 Zheng, H. M., Tang, F.Y., Lin, Y.Q., Xu, Z.Y., Xie, Z.H., & Tian, J. (2022). Solid-state anaerobic digestion of rice straw pretreated with swine manure digested effluent. *Journal of Cleaner Production*, 348, 131252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131252>

39 Ma, S., Li, L., Ren, X., Zhu, W., & Wang, H. (2022). A green pretreatment strategy using CO<sub>2</sub> and acidogenesis liquid digestate as reagents for biomethane enhancement from corn stover. *Industrial Crops and Products*, 189, 115844. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115844>

40 Liu, H., Pang, B., Zhao, Y., Lu, J., Han, Y., & Wang, H. (June 2018). Comparative study of two different alkali-mechanical pretreatments of corn stover for bioethanol production. *Fuel*, 221, 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.088>

41 Cucina, M., Soggia, G., Nisi, P., Giordano, A., & Adani, F. (June 2022). Assessing the anaerobic degradability and the potential recovery of biomethane from different biodegradable bioplastics in a full-scale approach. *Bioresource Technology*, 354, 127224. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127224>

- **Digestato en procesos electroquímicos:** El digestato puede utilizarse como sustrato de alimentación de pilas de combustible microbianas (MFC) y de electrolisis microbiana (MEC) para producir electricidad e H<sub>2</sub> a partir de metano (TRL 5).
- **El digestato como medio para la hidroponía:** El uso de digestato en hidroponía ha sido probado y se ha descubierto que promueve un crecimiento de las plantas comparable al de los fertilizantes convencionales. Otros estudios pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes en el digestato para la hidroponía (TRL5)<sup>42</sup>.
- **Producción de ácidos grasos volátiles (AGV):** En el proceso de DA, las bacterias producen AGV como intermediarios durante el proceso de formación de metano. Una parte de estos AGV sigue presente en el digestato y puede extraerse. Los AGV son valiosos como componentes renovables de productos químicos. Por ejemplo, sirven como precursores metabólicos directos de bioplásticos (TRL5).
- **Fertilizantes bioactivos y Bioestimulantes:** El digestato tiene propiedades bioestimulantes. Fracciones bioquímicas específicas mejoran el crecimiento de plantas y raíces, las tasas de germinación, la movilización de nutrientes y la fotosíntesis. La materia orgánica estabilizada en el digestato puede optimizarse mediante estrategias específicas de DA: el efecto bioestimulante depende de la materia prima utilizada; por ejemplo, el tratamiento BioBoost<sup>43</sup> genera bioestimulantes granulares para su uso en jardinería ornamental y agricultura ecológica (TRL 8-9).
- **Recuperación del bio-amoniaco:** El digestato contiene grandes cantidades de amonio, que puede extraerse como amoniaco. Este bio-amoniaco está directamente disponible tras su extracción y purificación y puede utilizarse posteriormente, por ejemplo, para producir biohidrógeno<sup>44, 45, 46</sup>. Mientras que el TRL específico para el reformado de amoniaco fósil está cerca de la madurez comercial, los esfuerzos de I+D en curso en este campo están demostrando su éxito en la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad de la conversión de bio-amoniaco en hidrógeno verde.
- **Crecimiento de microalgas:** La fracción líquida del digestato es una solución rica en nutrientes que puede utilizarse como medio de bajo coste para el crecimiento de microalgas. La biomasa de microalgas resultante es rica en lípidos y puede convertirse en combustible de alta calidad, proteínas para piensos, biofertilizantes de alto valor o bioplásticos. En Europa, el TRL actual del crecimiento de algas en digestato se encuentra en la fase 7, y la investigación en curso se centra en mejorar la eficiencia y la sostenibilidad<sup>47</sup>.

42 Sakuma, S., Endo, R., & Shibuya, T., (June 2023). Acidophilic nitrification of biogas digestates accelerates sustainable hydroponics by enhancing phosphorus dissolution. *Bioresource Technology Reports*, 22, 101391. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101391>

43 Scaglia, B., Nunes, R. R., Oliveira Rezende, M. O., Tambone, F., & Adani F. (August 2016) Investigating organic molecules responsible of auxin-like activity of humic acid fraction extracted from vermicompost, *Science of The Total Environment*, 562, 289-295. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.212>

44 Babson D.M. (2013) Anaerobic digestion for methane generation and ammonia reforming for hydrogen production: A thermodynamic energy balance of a model system to demonstrate net energy feasibility. *Biomass and Bioenergy* 56, 493-505.

45 <https://www.wrotefarm.com/index-eng.php>

46 Grasham O. et al. (2020) Hydrogen via reforming aqueous ammonia and biomethane co-products of wastewater treatment: environmental and economic sustainability *Sustainable Energy Fuels*, 4, 5835-5850 DOI:10.1039/D0SE01335H

47 <https://www.alg-ad-dst.com/>

Figura 6: Resumen de las rutas de valorización de digestato seleccionadas

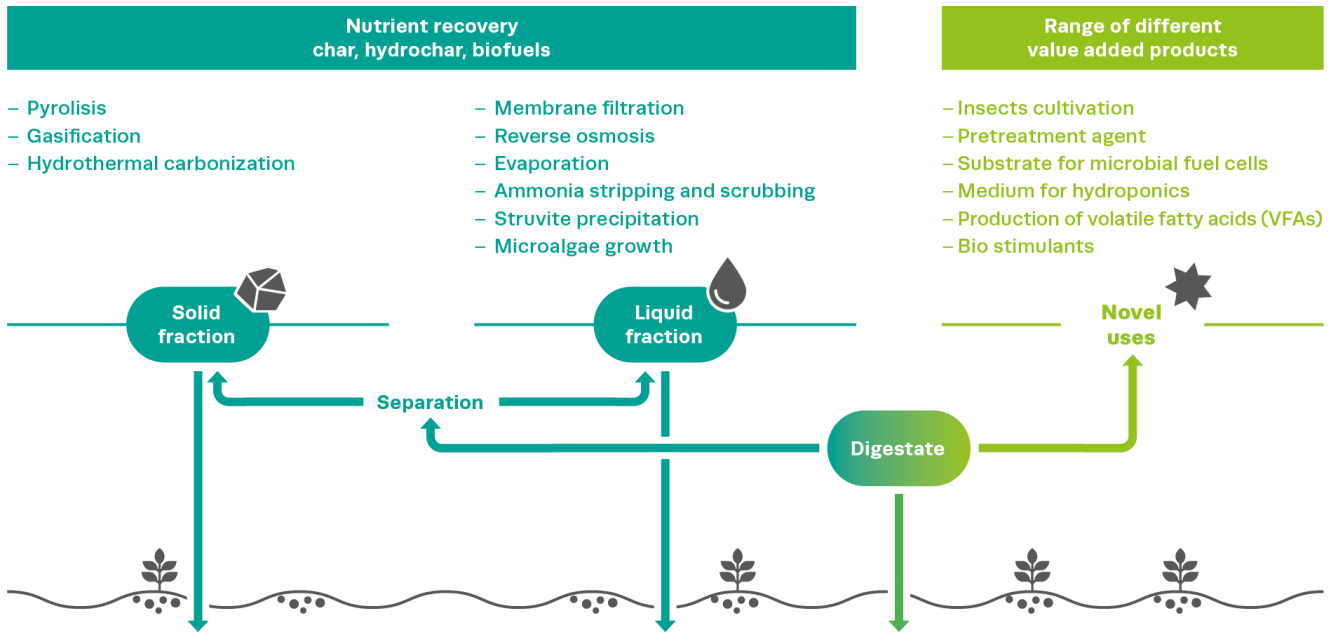
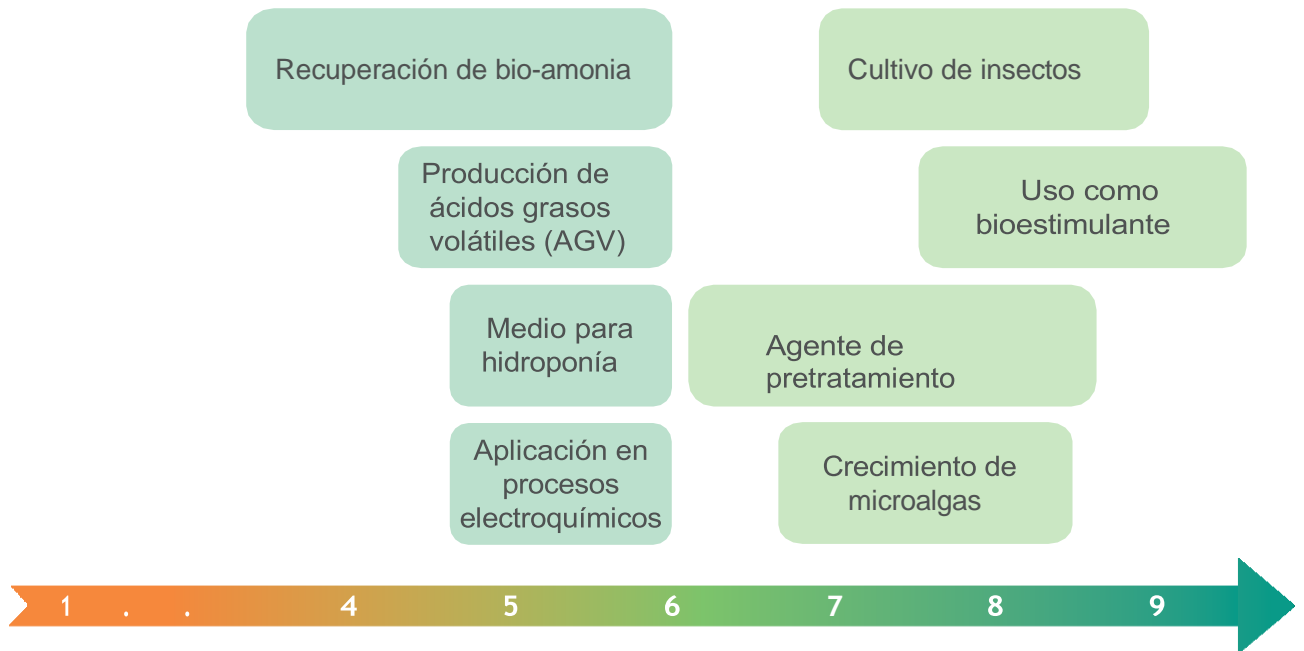


Figura 7: TRL de las nuevas aplicaciones del digestato



# Capítulo 4 Impacto positivo en el medio ambiente, el clima y la salud del suelo

## Impacto positivo en el medio ambiente

Los impactos ambientales de la digestión incluyen la recuperación de energía, el reciclaje de nutrientes, la contribución a la salud del suelo, la reducción de olores y las propiedades sanitarias. La tabla 3 ilustra el rendimiento medioambiental de la DA como práctica de gestión de residuos y subproductos orgánicos, en comparación con el compostaje, la incineración, el vertido y la ausencia de tratamiento de los biorresiduos.

**Tabla 3: Comparación entre digestión anaerobia, compostaje, incineración, vertedero y ningún tratamiento como prácticas de gestión de residuos orgánicos y subproductos.**

	Digestión anaerobia	Compostaje	Incineración	Vertedero	Sin tratamiento
<b>Recuperación de energía</b>	Sí; la energía se recupera en forma de biogases	No	Limitado; el calor generado a partir de residuos incineración es a menudo utilizado para turbinas y generar electricidad.	Limitado; el gas de relleno puede recuperarse de los vertederos	No
<b>Reciclaje de nutrientes</b>	Sí; los nutrientes se conservan en el digestato durante la digestión	Limitado; el compost retiene una fracción elevada del carbono inicial, pero pierde nutrientes	Limitado; los nutrientes pueden recuperarse de las cenizas tras la incineración.	No	Limitado; para algunos subproductos como el estiércol, los nutrientes pueden ser recuperados y aplicados sin tratamiento.
<b>Contribución a la salud del suelo</b>	Sí; el digestato contribuye a la formación de humus	Sí; el compost contribuye a la formación de humus	No	No	No; los residuos o subproductos orgánicos no tratados pueden dar lugar a una alta concentración de minerales en un lugar reducido, con riesgos para la salud del suelo.
<b>Reducción de olores</b>	Sí; los olores se reducen durante la digestión anaerobia.	Sí; se reducen los olores durante el proceso de compostaje.	Sí	Limitado; de requieren prácticas adecuadas de gestión de vertederos para reducir los olores.	No
<b>Saneamiento</b>	Sí; la digestión anaerobia tiene ventajas sanitarias	Sí; el compostaje tiene propiedades sanitarias	Sí	No	No



## El digestato tiene un menor impacto ambiental que el estiércol crudo

### REALIDAD

En las plantas de biogás, el estiércol y otros subproductos agrícolas se someten a un importante proceso de maduración y estabilización durante el proceso de digestión anaerobia. Como resultado, el digestato reduce las emisiones naturales de metano y los olores en comparación con el estiércol crudo. En particular, el proceso de digestión anaerobia suele descomponer la fracción orgánica más biodegradable (por ejemplo, los hidratos de carbono) y concentrar la fracción orgánica menos degradable (por ejemplo, la lignina). En consecuencia, el digestato tiene un mayor grado de estabilidad biológica en comparación con sus materias primas \*. Un alto grado de estabilidad biológica se traduce en un menor impacto sobre el medio ambiente: las emisiones medias de metano y óxidos nitrosos (N<sub>2</sub>O) del digestato suelen reducirse hasta un 59% en comparación con el estiércol crudo sin tratar \*\*, \*\*\*.

\* Tambone F., Genevini P., D'Imporzano G., Adani F., (2009) Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. *Biore-source Technology* 100, 3140-3142.

\*\* Riva, C., Orzi, V., Carozzi, M. et al. (2016). *Science of the Total Environment* 547: 206-214.

\*\*\* Adani F. et al., 2020, Ch.5.2 In. *Biorefinery of inorganics: recovering mineral nutrients from biomass and organic waste* Erik Meers, Faculty of Bioscience Engineer, Laboratory of Analytical Chem, Gerard Velthof, Evi Michels, Rene Rietra, Wageningen University. (Eds) DOI 10.1002/9781118921487.



## El digestato es un abono más seguro que sus materias primas

### REALIDAD

Debido a sus excepcionales propiedades fertilizantes, es mucho menos probable que el digestato se elimine de forma inadecuada (en vertederos o almacenes abiertos) que los residuos orgánicos brutos. Esto reduce significativamente el riesgo de contaminación del agua, el suelo y el aire debido a las altas concentraciones de minerales en un espacio reducido. Además, los patógenos animales y vegetales que puedan estar presentes en la materia prima original se reducen considerablemente o se erradican por completo, debido al pretratamiento técnico y térmico de la materia prima y a las condiciones microbianas dentro del digestor (en particular, los factores combinados de temperatura, competencia microbiana y producción de amoníaco)\*. Aunque es necesario seguir trabajando para evaluar en detalle el impacto del digestato y de tratamientos como la pasteurización previa y posterior, que higienizan aún más el digestato, las investigaciones indican que las plantas de digestión tienen la capacidad de minimizar el riesgo de cualquier patógeno\*\*. Estas funciones positivas no sólo superan el efecto negativo sobre la salud humana y animal, sino que también contribuyen al control de las plagas y enfermedades de las plantas. En varios Estados miembros ya se han puesto en marcha sistemas nacionales de garantía de calidad para asegurar que los operadores cumplen las normas de calidad del digestato y prevenir los efectos negativos de su aplicación al suelo\*\*\*.

\* Jiang, Y., Xie, S. H., Dennehy, C., Lawlor, P.G., Hu, Z. H., Wu, G. X., Zhan, X. M., & Gardiner, G. E. (marzo de 2020). Inactivation of pathogens in anaerobic digestion systems for converting biowastes to bioenergy: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109654 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109654>

\*\* Redhead, S., Nieuwland, J., Esteves, S., Lee, D.-H., Kim, D.W., Mathias, J., Cha, C.-J., Toleman, M., Dinsdale, R., Guwy, A., & Hayhurst, E. (diciembre de 2020). Fate of antibiotic resistant *E. coli* and antibiotic resistance genes during full scale conventional and advanced anaerobic digestion of sewage sludge. *PLoS ONE*, 15(12), e0237283. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237283>

\*\*\* van Midden, C., Harris J., Shaw L., Sizmur T., & Pawlett M. (noviembre de 2023). The impact of anaerobic digestate on soil life: A review, *Applied Soil Ecology*, 191, 105066. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105066>



## Impacto positivo en el clima

El digestato reduce drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores de la alimentación, los piensos, las bebidas y la agricultura. Las emisiones específicas asociadas a la agricultura incluyen la gestión del estiércol y la producción y uso de fertilizantes sintéticos. El digestato reduce las emisiones de gases de efecto invernadero de diferentes maneras:

**1) Evitar las emisiones de GEI derivadas de la composición de la materia orgánica al aire libre.** Todos los materiales orgánicos pueden liberar potentes GEI, como CH<sub>4</sub> y NO<sub>x</sub>, si se dejan al descubierto. Esto incluye los residuos domésticos en forma de lodos de depuradora y biorresiduos, los restos agrícolas como el estiércol y la paja, así como los residuos de la elaboración de alimentos y bebidas. La digestión evita estas emisiones no deseadas, ya que la materia orgánica se absorbe en el entorno cerrado y controlado de las plantas de DA. En las instalaciones de biogás, el metano se captura y utiliza en lugar de liberarse a la atmósfera.

**2) El digestato reduce la producción de fertilizantes sintéticos, que consumen mucha energía.** La producción de alimentos y piensos en Europa depende en gran medida de los fertilizantes sintéticos fabricados industrialmente. El proceso Haber-Bosch fija la mayor parte del nitrógeno utilizado en la agricultura y representa entre el 1% y el 2% del consumo total de energía del mundo y entre el 3% y el 5% del consumo mundial de gas

natural<sup>48</sup>. El digestato reduce la producción y el uso de fertilizantes sintéticos porque disminuye las pérdidas de nitrógeno en comparación con la aplicación directa de estiércol crudo y otros biorresiduos como fertilizantes. La reducción del uso de fertilizantes sintéticos incluye: 1) la parte del estiércol crudo que, de otro modo, iría a tratamiento biológico y cuyo contenido de nitrógeno se convertiría en nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) y se perdería en la atmósfera; 2) gracias a la digestión anaerobia, la recuperación de biorresiduos que, de otro modo, irían a incineración, vertedero o se dejarían sin tratar; 3) una mayor disponibilidad de nutrientes en el digestato en comparación con sus materias primas.

**3) Retención de carbono en el suelo.** En el reactor de DA, entre el 20 y el 95% de la materia orgánica entrante se convierte en biogás<sup>49</sup>; y la materia orgánica restante está presente en una forma más estable. Este carbono residual tiene un mayor potencial de secuestro en forma de carbono orgánico del suelo, lo que permite que los suelos sirvan de sumideros de carbono<sup>50</sup>.

**4) Las rutas de transporte del digestato suelen acortarse, lo que se traduce en bajas emisiones de GEI.** Esto se debe a la naturaleza descentralizada de la digestión anaerobia. A los agricultores les interesa minimizar los costes de transporte y permitir que los propietarios y copropietarios de las plantas de biogás produzcan sus propios fertilizantes a costes competitivos.

## Impacto positivo en la salud del suelo

Los suelos son la base de nuestro sistema agroalimentario. Regulan los ciclos de los nutrientes, el carbono y el agua y proporcionan un hábitat para la biodiversidad. Los suelos también desempeñan un papel esencial en la economía circular y la adaptación al cambio

climático. Sin embargo, hoy en día entre el 60 y el 70% de los suelos europeos son insalubres<sup>51</sup> debido al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, la gestión insostenible del suelo, la intensificación de las prácticas agrícolas, industriales, etc.

48 Estimates widely acknowledged with the scientific and industrial communities.

49 Möller, K., & Müller, T. (May 2012). Effects of Anaerobic Digestion on Digestate Nutrient Availability and Crop Growth: A Review.

50 <https://4p1000.org/>

51 Commission Staff Working Document accompanying the EU soil strategy for 2030 of 17 November 2021 SWD(2021)323 final.

Se calcula que los costes de la degradación del suelo superan los 50,000 millones de euros al año<sup>52</sup>.

La aplicación de digestato a los suelos agrícolas está reconocida como una práctica sostenible de gestión del suelo en la reciente propuesta de la Comisión Europea de Ley de Vigilancia del Suelo. La fracción orgánica estable del digestato enriquece de forma sostenible el contenido de humus del suelo. Si se separa el digestato, la fracción formadora de humus se encuentra principalmente en la fracción sólida<sup>53</sup>.

La formación de humus es de vital importancia para los suelos por varias razones:

- **Retención de nutrientes:** El humus actúa como retenedor de nutrientes esenciales para las plantas, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Puede retener estos nutrientes en una forma accesible para las plantas, evitando que se filtren con el agua.
- **Mejora de la estructura del suelo:** El humus ayuda a mejorar la estructura del suelo uniendo sus partículas. Esto crea espacios porosos en el suelo, mejorando la infiltración y retención del agua, así como permitiendo una mejor penetración y aireación de las raíces.

- **Retención de agua:** El humus tiene una gran capacidad de retención de agua, lo que ayuda a los suelos a retener la humedad durante los periodos secos y reduce el riesgo de escorrentía y erosión del suelo.
- **Amortiguación del pH:** El humus puede amortiguar el pH del suelo, ayudando a mantener un entorno estable para los organismos del suelo y las raíces de las plantas. Esto es importante porque los niveles extremos de pH pueden inhibir la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica.
- **Hábitat microbiano:** El humus proporciona un hábitat propicio para los microorganismos del suelo, incluidas las bacterias y los hongos beneficiosos. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en el ciclo de los nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y la salud general del suelo.
- **Secuestro de carbono:** El humus es rico en carbono orgánico y su formación contribuye al secuestro de dióxido de carbono de la atmósfera.

En general, la formación de humus es esencial para mantener suelos fértiles y productivos que favorezcan el crecimiento saludable de las plantas y el funcionamiento del ecosistema.



52 Commission Staff Working Document, Impact Assessment Report accompanying the proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law), SWD(2023) 417 final, Part 1/5, p. 5.

53 Fachverband Biogas e. V. (German Biogas Association). (2018). Digestate as Fertilizer.

# Capítulo 5 Estrategias de marketing y casos prácticos

## Consideraciones económicas

La disponibilidad de digestato in situ, especialmente en las zonas rurales, reduce los costes del uso de fertilizantes sintéticos. Como los fertilizantes se producen in situ, también se reducen los costes de transporte. A medida que se desarrolle el mercado del digestato como fertilizante orgánico, su comercialización también proporcionará ingresos adicionales a los agricultores. El uso de digestato mejora la salud del suelo y, por tanto, contribuye a mantener un alto rendimiento de los cultivos y las actividades agrícolas. También podría abrirse otra vía de ingresos para los granjeros si se les recompensara por la captura y el almacenamiento de carbono en el suelo. La

producción del biogás permite reducir significativamente el impacto medioambiental de los sistemas agrícolas, garantizando la adaptación al cambio climático y una producción agrícola más estable, segura y de alta calidad.

El uso de digestato y de tecnologías de mejora del digestato es especialmente interesante para favorecer la transferencia de nutrientes desde zonas con excedentes de nutrientes para su uso en zonas donde no existen tales excedentes. Las tecnologías de mejora del digestato pueden reducir el volumen y concentrar así los nutrientes, lo que permite un transporte más fácil y barato.





## Estrategias de marketing

Los operadores de plantas de biogás tienen que tomar una serie de decisiones de marketing en relación con el uso económicamente óptimo del digestato. El factor crucial es a qué grupos de clientes se venderá el digestato. De ello dependen el diseño del producto, el canal de venta, la comunicación y el precio.<sup>54</sup>

Hasta ahora, la mayoría de las plantas de biogás han estado distribuyendo su digestato sin tratar a las granjas, preferiblemente en zonas muy cercanas a la planta. Esto es especialmente cierto en el caso de la fracción líquida del digestato. La mejora del digestato, si es posible junto con la adaptación del contenido de nutrientes y la estandarización, abre nuevos mercados de venta, como los jardineros privados. Los tres factores principales a tener en cuenta son:

- **El diseño del producto:** el uso de diversas tecnologías de mejora permite elaborar una serie de productos, tal y como se describe en el capítulo 2. Por ejemplo, las explotaciones pueden utilizar

digestato no procesado con bajo contenido en materia seca. Los jardineros privados, por su parte, prefieren productos sólidos como pellets o productos líquidos concentrados.

- **La vía de distribución:** Los agricultores suelen ser atendidos directamente por los operadores de las plantas. En cambio, los jardineros particulares suelen comprar los abonos en los centros de jardinería.
- **Precios:** Existen grandes diferencias entre los distintos grupos de clientes. En las regiones ricas en nutrientes, es bastante común que los operadores de plantas suministren el digestato gratuitamente o incluso con un pago adicional a los agricultores. En cambio, el precio del producto para los jardineros privados es varios cientos de veces superior al del sector agrícola. Sin embargo, estos precios también deben cubrir los costes de producción, comercialización y venta.<sup>55</sup>

A continuación se destacan dos estudios de casos en los que las plantas de biogás tienen una estrategia de comercialización particular para su digestato.

## Egg Energy, Letonia

Datos clave:

- **Tamaño de la planta:** hasta 2,000 m<sup>3</sup> de biogás por hora; ampliación en curso hasta 3,000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, lo que equivale a 1,800 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> de biometano.
- **Ubicación:** Lecava, Letonia
- **Productos de digestión:**  
→ 7,000 toneladas/año de abono granulado a partir de la fracción sólida.
- **Tecnología de mejora del digestato:** separación con prensa de cinta, extracción y lavado de nitrógeno y peletización.
- **Entrada en funcionamiento:** 2015

- 54 Fachverband Biogas e.V., Digestate as fertilizer (2018)
- 55 Fachverband Biogas e.V., Digestate as fertilizer (2018)



Egg Energy Ltd procesa anualmente 85,000 m<sup>3</sup> de estiércol 100% avícola. Todo ello procede de Balticovo AS, el mayor productor de huevos y ovoproductos del norte de Europa. El estiércol se mezcla con agua y se introduce en los fermentadores. La planta está totalmente automatizada y supervisada las 24 horas del día para garantizar la continuidad del proceso y el control de calidad. Tras la fermentación, el digestato se separa mediante una prensa de cinta. La fracción sólida se convierte en pellets. El resultado es un producto altamente comercializable: OrganiQ (pellets de 5 mm con NPK 3-7-1). La pasteurización a 70°C ha eliminado todos los

organismos patógenos. El envase estándar para la venta al por mayor son bolsas de 1,000 kg. Además, se puede suministrar cualquier envase de venta al por menor previa solicitud.

La producción de biogás en egg energy comenzó en 2015, y la de biometano en 2024. En la actualidad se está construyendo un aumento de capacidad del 50% de la unidad de mejora de biometano, lo que dará lugar a una capacidad total de producción de biometano de 1,800 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>.



**OrganiQ:** abono orgánico en forma de pellets de alta calidad, con un alto contenido en materia orgánica, fósforo (P), azufre (S), magnesio (Mg) y calcio (Ca). El abono contiene los micronutrientes más importantes para las plantas, como B, Mn, Cu y Zn.

# Guilliams Green Power, Bélgica

## Datos clave:

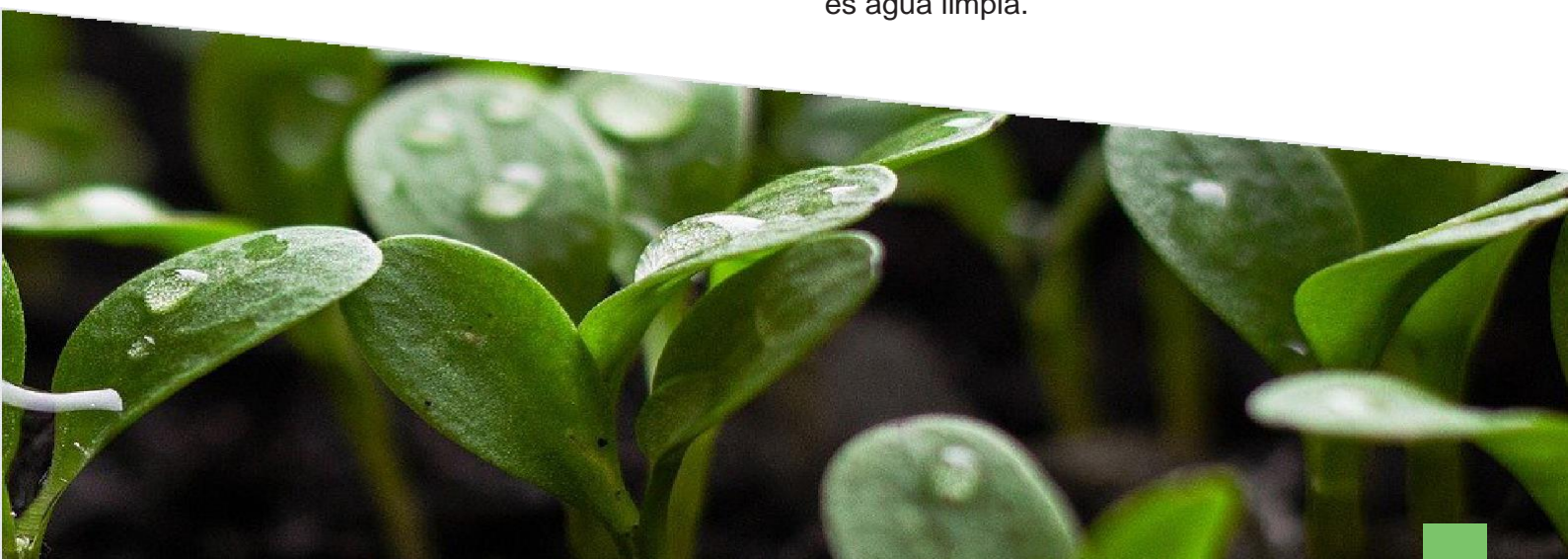
- **Tamaño de la planta:** 3 MW de capacidad eléctrica
- **Ubicación:** Boutersem, Bélgica
- **Productos de digestión:**
  - 200 litros/día de agua limpia
  - Fracción sólida de abono orgánico
  - Mejorador del suelo
- **Tecnología de mejora de digestatos:** separación de digestatos, nitrificación, desnitrificación, ultrafiltración, ósmosis inversa.
- **Inicio de la actividad:** 2008

La planta de biogás Guilliams Power, situada en Boutersem, transforma residuos orgánicos (por ejemplo, restos de patatas o estiércol de granjas porcinas) en energía renovable. La planta se alimenta con 90,000 toneladas de residuos al año, que alimenta un motor de cogeneración de 3 MW de capacidad eléctrica. Parte de la electricidad se inyecta en la red o se utiliza en su estación de carga de coches. La planta produce electricidad suficiente para cubrir las necesidades de consumo eléctrico de más de 7,800 familias o más de 10,000 coches eléctricos.

El digestato que queda de la producción de biogás se somete a un proceso de desinfección para eliminar las bacterias y, tras su separación, la fracción sólida se exporta a Francia como abono orgánico. En 2023, la planta decidió aumentar la circularidad de su planta instalando una

tecnología innovadora que produce agua limpia a partir de la fracción líquida del digestato. Desde entonces, la planta es autosuficiente en términos de abastecimiento de agua. El agua limpia puede utilizarse para procesos industriales o para mantener las zonas verdes del municipio de Boutersem.

La fracción líquida se alimenta a dos tanques de aireación in situ donde tiene lugar la eliminación de nitrógeno gracias al proceso de nitrificación/desnitrificación. El efluente pasa primero por un tamiz rotatorio antes de la ultrafiltración (UF). A continuación, el concentrado de la UF se devuelve a los tanques de aireación originales. El efluente filtrado se somete a un tratamiento adicional de ósmosis inversa (OI), en el que se eliminan las sales. El concentrado de ósmosis inversa puede aplicarse como enmienda del suelo, mientras que el permeado de ósmosis inversa es agua limpia.







# Capítulo 6 Marco normativo

## Marco regulador del digestato en la UE

Varias legislaciones regulan la producción, aplicación y comercialización del digestato en la Unión Europea. Estas políticas abarcan varios aspectos de la gestión del digestato, incluidos sus procesos de producción, normas de calidad, tasas de aplicación y consideraciones medioambientales. A menudo dependen de los insumos utilizados en el proceso de digestión anaerobia. Entre las políticas que regulan el digestato en la UE se encuentran la Directiva Marco de Residuos, la Directiva de Residuos Animales y la Directiva de Residuos Vegetales, Reglamento sobre subproductos, el Reglamento sobre fertilizantes, la Directiva sobre nitratos y la Directiva sobre lodos de depuradora. Además, cada Estado miembro puede tener su propia normativa y directrices específicas sobre la gestión del digestato para garantizar el cumplimiento de las directivas de la UE y responder a las necesidades medioambientales y agrícolas locales.

Por un lado, este marco garantiza una gestión segura de los digestatos y productos derivados. Por otro, su complejidad y heterogeneidad complican su cumplimiento.

La **Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE (DMR)**<sup>56</sup> establece objetivos y requisitos para el reciclado y la valorización de los materiales de desecho. reduce la dependencia del vertido y la incineración. Establece objetivos específicos para el reciclado y pretende fomentar el uso de técnicas de recuperación respetuosas con el medio ambiente<sup>57</sup> (incluido el reciclado), como la digestión anaeróbica. La DMR introduce el principio de jerarquía de residuos, que da prioridad a las opciones de

gestión de residuos basadas en función de su impacto ambiental (1/ prevención; 2/ preparación para la reutilización; 3/ reciclado; 4/ otro tipo de valorización, por ejemplo, valorización energética; y 5/ eliminación). La DMR indica que los biorresiduos procedentes de la digestión anaerobia deben considerarse reciclados cuando dan lugar a digestato que se utiliza como producto, material o sustancia reciclada<sup>58</sup>. El artículo 6 detalla el fin de la condición de residuo y recomienda a los Estados miembros que adopten medidas para garantizar que los residuos que hayan sido sometidos a una operación de reciclado u otro tipo de valorización se consideren que han dejado de ser residuos si cumplen unas condiciones específicas. En los Estados miembros, la aplicación de la DMR varía significativamente, lo que da lugar a que el digestato se clasifique en diferentes tipos de operaciones de recuperación o reciclado, lo que en muchos casos significa que el digestato sigue clasificándose como residuo.

En la Unión Europea, el **Reglamento (UE) 2019/2009 relativo a los productos fertilizantes (FPR)**<sup>59</sup> establece normas armonizadas para la disponibilidad de productos fertilizantes en el mercado de la UE, incluidos los fertilizantes derivados de digestato. Este reglamento marca un hito, ya que permite el acceso al mercado interior de la UE de abonos y enmiendas del suelo orgánicos reciclados (compost y productos de digestato) para que puedan competir en igualdad de condiciones con los abonos sintéticos. Los requisitos del FPR son facultativos para los Estados miembros. Si los productos se comercializan a escala nacional, los Estados miembros pueden establecer normas diferentes<sup>60</sup>.

<sup>56</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02008L0098-20240218>

<sup>57</sup> En el anexo II figura una lista no exhaustiva de operaciones de recuperación.

<sup>58</sup> Cuando la producción se utilice en la tierra, los Estados miembros sólo podrán contabilizarla como reciclada si este uso redundará en beneficios para la agricultura o en una mejora eco- lógica.

<sup>59</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R1009-20230316>

<sup>60</sup> Cuando un productor de digestato de un país A desee comercializar su producto en el mercado del país B, podrá comercializar su producto de digestato conforme 1/ con el Reglamento sobre productos fertilizantes, 2/ con la legislación nacional sobre residuos o abonos del país A, basándose en el principio de reconocimiento mutuo (necesario para obtener una autorización de las autoridades nacionales), o 3/ con la legislación nacional sobre residuos o abonos vigente en el país B.

La "comercialización" se define en el FPR como "todo suministro de un producto fertilizante de la UE para su distribución o uso en el mercado de la Unión en el curso de una actividad comercial, ya sea a cambio de a cambio de una remuneración o de forma gratuita". El producto fertilizante puede estar compuesto por varias Categorías de Materiales Componentes (CMC) y deberá clasificarse en una Categoría de Función del Producto (PFC). Para el digestato, se utilizan generalmente dos CMC: "CMC 4 Digestato de cosecha fresca" y "CMC 5 Digestato distinto del digestato de cultivos frescos", y tres PFC: "PFC I.A.I. Abono orgánico sólido", "PFC I.A.II. Abono orgánico líquido" o "PFC 3.A. Mejorador orgánico del suelo". En función de los PFC y CMC elegidos por el fabricante de los productos fertilizantes, será necesario llevar a cabo diferentes sistemas de aseguramiento de la calidad (denominados "módulos" en el FPR) con uno de los organismos de notificación de la UE. El aseguramiento de la calidad del proceso de producción es el procedimiento de evaluación de la conformidad mediante el cual el fabricante cumple las obligaciones establecidas en el FPR y garantiza que los productos fertilizantes de la UE en cuestión satisfacen los requisitos que les son aplicables. Dependiendo de los PFC y CMC, los fabricantes pueden, por ejemplo, tener que cumplir con los límites de metales pesados o patógenos, o con requisitos de proceso específicos. Los productos fertilizantes certificados con arreglo a la Directiva sobre productos fitosanitarios reciben el estatus de fin de la condición de residuo.

Dependiendo de los sustratos utilizados en la digestión anaerobia, pueden imponerse requisitos adicionales para la gestión de los digestatos. Por ejemplo, el **Reglamento (CE) 1069/2009 sobre subproductos animales (APBR)**<sup>61</sup> regula la manipulación, el tratamiento y la eliminación de los subproductos y productos derivados. El reglamento establece tres categorías de subproductos animales: Categoría 1 (máximo riesgo para la salud pública y la sanidad animal), Categoría 2 (materiales de riesgo intermedio, como el estiércol)

y Categoría 3 (materiales de bajo riesgo, como los residuos de cocina). El APBR también define requisitos estrictos para la trazabilidad e identificación de los subproductos animales a lo largo de la cadena de producción y transformación, así como requisitos para las instalaciones de almacenamiento, transporte y transformación. Por ejemplo, establece normas para las plantas de biogás que procesan subproductos animales<sup>62</sup>: el parámetro de transformación estándar es de 1 hora a 70°C con partículas no mayores de 12 mm, pero las autoridades competentes a nivel nacional pueden autorizar el uso de parámetros alternativos. El **Reglamento (UE) 142/2011**<sup>63</sup> complementa el APBR. El digestato, que es un coproducto de la digestión anaerobia, puede contener materiales de origen animal si el estiércol forma parte de la materia prima utilizada en el proceso de DA. El APBR indica que los subproductos animales de las categorías 2 y 3 pueden utilizarse para la producción de fertilizantes. Para ser incluidos en una categoría de material componente (CMC) en virtud del Reglamento sobre productos fertilizantes, los subproductos animales deben alcanzar un punto final de conformidad con el artículo 5 del APBR. Por tanto, existe un vínculo directo entre el APBR y el FPR. El punto final para el digestato como fertilizante orgánico y enmienda del suelo se estableció recientemente mediante el **Reglamento Delegado (UE) 2023/1605**<sup>64</sup>. El punto final consiste en que el digestato cumpla varios requisitos del APBR (incluido el parámetro de transformación estándar). Más allá del punto final, cuando el digestato procedente de subproductos animales se utiliza como material componente en el marco del FPR, el producto fertilizante derivado del digestato deja de estar sujeto al APBR.

La **Directiva sobre nitratos 91/676/EEC**<sup>65</sup> afectará a la aplicación de digestato derivado de estiércol animal. Adoptada en 1991, la Directiva aborda el problema de la contaminación por nitratos de las aguas superficiales y subterráneas, que puede tener efectos adversos sobre los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

61 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02009R1069-20191214>

62 Listed in Annex V of ABPR

63 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0142-20231214>

64 [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2023.198.01.0001.01.ENG&toc=OJ%253](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.198.01.0001.01.ENG&toc=OJ%253)

65 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1561542776070&uri=CELEX:01991L0676-20081211>



Los Estados miembros deben determinar las zonas de su territorio en las que las aguas están contaminadas o corren el riesgo de estarlo por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Estas Zonas Vulnerables a los Nitratos (ZVN) designadas están sujetas a medidas específicas destinadas a reducir la contaminación por nitratos. Los Estados miembros deben elaborar y aplicar programas de acción para cada ZVN destinados a reducir la contaminación por nitratos procedentes de actividades agrarias. Estos programas de acción suelen incluir medidas como la aplicación de planes de gestión de nutrientes, restricciones sobre el momento y las dosis de aplicación de fertilizantes, requisitos para el almacenamiento y la aplicación de estiércol y medidas para fomentar el uso de buenas prácticas agrícolas (las medidas que deben incluirse se enumeran en el anexo III). Una de las medidas prescritas es limitar la aplicación de nitrógeno procedente de estiércol y estiércol transformado (incluido el digestato)<sup>66</sup> a 170 kg por hectárea y año. Para alcanzar las necesidades de los cultivos (por ejemplo, 250 kg por hectárea y año para determinados cultivos), los agricultores se ven obligados a utilizar fertilizantes sintéticos

en lugar de productos derivados del estiércol. Como es una directiva, los Estados miembros también tienen algunas flexibilidades en la aplicación de las normas.

La **Directiva sobre lodos de depuradora 86/278/EEC**<sup>67</sup> tiene por objeto fomentar la aplicación de los lodos de depuradora en la agricultura, evitando al mismo tiempo repercusiones negativas para la salud y el medio ambiente. Establece requisitos de calidad para los lodos y el suelo en el que se van a utilizar, fijando límites para su contenido en metales pesados. También exige el tratamiento de los lodos antes de su aplicación<sup>68</sup> y la consideración de las necesidades de nutrientes de las plantas. Por último, la directiva prohíbe el uso de lodos en praderas y suelos de cultivos hortofrutícolas (con algunas excepciones). En consonancia con la DMR, algunos Estados miembros han adoptado un criterio nacional de "fin de la condición de residuo" que vuelve a reconocer que el digestato de los lodos de depuradora es un producto y ya no un residuo. Para más información sobre la aplicación de la Directiva, véase la última evaluación de la Comisión Europea<sup>69</sup>.



66 De hecho, según la Directiva sobre nitratos, el estiércol transformado -incluido el digestato del estiércol- se considera estiércol.

67 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A01986L0278-20220101>

68 La Directiva no define el tratamiento, por lo que los lodos tratados podrían ser, en principio, un producto resultante de cualquier tratamiento, por ejemplo, el digestato de la digestión anaerobia, el compost o incluso las cenizas de incineración. Cabe señalar que los lodos de depuradora procedentes de aguas residuales urbanas, incluidos en el ámbito de aplicación de la Directiva, también han sido sometidos a menudo a digestión anaerobia.

69 [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=SWD\(2023\)157&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=SWD(2023)157&lang=en)

## Marco normativo nacional

Con el objetivo de esbozar los requisitos específicos para la gestión del digestato a nivel de los Estados miembros, la Secretaría de la EBA realizó numerosas entrevistas con representantes de asociaciones nacionales de biogás o de las principales empresas de biogás de 20 Estados miembros de la Unión Europea. La tabla 4 “Aspectos clave de los marcos reguladores nacionales para el digestato” ofrece un resumen de los resultados de este análisis. El acceso al análisis exhaustivo por países está disponible exclusivamente para los miembros de la EBA.

**Tabla 4: Aspectos clave de los marcos reguladores nacionales para el digestato**

	Inclusión del digestato en la legislación sobre abonos	Fin de los residuos de digestato	Sistema de garantía de calidad/certificación del digestato	Norma adicional para el digestato
<b>Austria</b>	Sí, en la Ley de Fertilizantes y Ordenanza	No	No	A partir de 2028, el almacenamiento de digestato líquido de más de 240 m <sup>3</sup> tendrá que estar equipado con una cubierta de superficie completa permanentemente efectiva.
<b>Bélgica</b>	No, Real Decreto sobre comercialización y utilización de abonos, enmiendas del suelo y sustratos de cultivo que no incluyan digestato.	Sí, en Flandes, siempre que se cumpla la normativa flamenca sobre gestión sostenible de los ciclos de materiales y los residuos de materiales (VLAREMA) y VLACO. No, en Valonia	No en Valonia Sí, en Flandes, VLACO	
<b>Croacia</b>	Sí, pero bajo revisión	Sí, siempre que se cumpla la Ley de Productos Fertilizantes (NN 39/2023) y el Reglamento de Cancelación de Residuos (NN 55/2023).	No	
<b>Chequia</b>	Sí, en la Ley de Fertilizantes 156/1998 y Decreto 474/2000 sobre la especificación de requisitos para abonos	Sí, cuando cumpla con la Ley de Fertilizantes 156/1998 y Decreto 474/2000 sobre la especificación de requisitos para abonos	No	
<b>Dinamarca</b>	No, pero puede ser clasificado como estiércol en la legislación nacional	No	No	

<b>Estonia</b>	Sí, en el Reglamento nº 12 del Ministerio de Medio Ambiente - Requisitos para el digestato procedente de la producción de biogás a partir de biorresiduos (pero sólo para el digestato procedente de biorresiduos).	Sí, en el Reglamento nº 12 del Ministerio de Medio Ambiente - Requisitos para el digestato procedente de la producción de biogás a partir de biorresiduos (pero sólo para el digestato procedente de biorresiduos).	No	
<b>Finlandia</b>	Sí, en la Ley de Fertilizantes	No	Sí, certificación "Laatulannoite".	
<b>Francia</b>	No, pero otras opciones	Sí, mediante una autorización de comercialización de digestatos o el cumplimiento de las especificaciones para digestatos.	No	El digestato de los subproductos animales se trata como residuo y requiere un plan de esparcimiento.
<b>Alemania</b>	Sí, en la Ordenanza sobre Fertilizantes Agrícolas y la Ordenanza sobre Fertilizantes.	No	Sí, certificación "Gärprodukt NawaRo" y certificación "Gärprodukt" de BGK.	
<b>Grecia</b>	No, pero puede ser clasificado como enmienda del suelo en virtud de la legislación nacional.	No	No	
<b>Hungría</b>	No	No	No	
<b>Irlanda</b>	No	No	No	El uso de "estiércol propio" (únicamente) en una planta de DA de la propia explotación para "uso propio" no entra dentro de la legislación sobre residuos, pero la importación de estiércol de otras fuentes hace que la operación entre dentro de la legislación sobre residuos (ya que ha salido de la explotación original para su tratamiento).
<b>Suecia</b>	No, pero no es necesario porque la certificación es posible	No	Sí, SPCR 120 para biofertilizantes y certificación REVAQ para digestato de lodos de depuradora.	

<b>Italia</b>	Sí, en el Decreto Legislativo de 29 de abril de 2010, n 75	Sí, para los digestatos procedentes de la actividad agroalimentaria que cumplan los requisitos del Decreto Interministerial 5046 de 25 de febrero. 2016	No	El digestato puede clasificarse como digestato "agrozootécnico" o "agroindustrial" en función de las materias primas utilizadas. El productor de digestato "agroindustrial" debe poder demostrar la existencia de un contrato específico con el proveedor de la materia prima. La Asociación Italiana de Biogás ha establecido directrices para el uso de digestato en la agricultura ecológica, en colaboración con asociaciones de agricultores ecológicos.
<b>Letonia</b>	No, la Ley de Circulación de Fertilizantes no incluye el digestato.	No	No	

<b>Países Bajos</b>	Sí, en la Ley de Fertilizantes, el Decreto de aplicación de la Ley de Fertilizantes y el Reglamento de aplicación de la Ley de Fertilizantes.	No	No	
<b>Polonia</b>	Sí, en el Reglamento sobre la aplicación de determinadas disposiciones de la Ley sobre abonos y fertilización (en proceso de actualización).	Sí, siempre que se cumpla el Reglamento relativo a la aplicación de determinadas disposiciones de la Ley sobre abonos y fertilización.	No	
<b>Portugal</b>	No, el Decreto-Ley 103/2015 no incluye el digestato	No	No	
<b>Eslovaquia</b>	Sí, en la Ley de Fertilizantes y el Decreto de Fertilizantes	Sí, si cumple los requisitos de la Ley de Fertilizantes y el Decreto de Fertilizantes.	No	
<b>España</b>	Sí, en el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes.	Sí, en el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes pero es imposible cumplir los requisitos	No	Desde 2022, el Real Decreto 1051/2022 sobre nutrición sostenible en suelos agrícolas que regula la aplicación de digestato al suelo (incluida la aplicación interna de digestato en los campos de la planta de biogás donde se produce el digestato) representa una barrera importante porque se basa en los estrictos requisitos de CMC 4 y 5

## Principales conclusiones de las entrevistas

### Mercado del digestato:

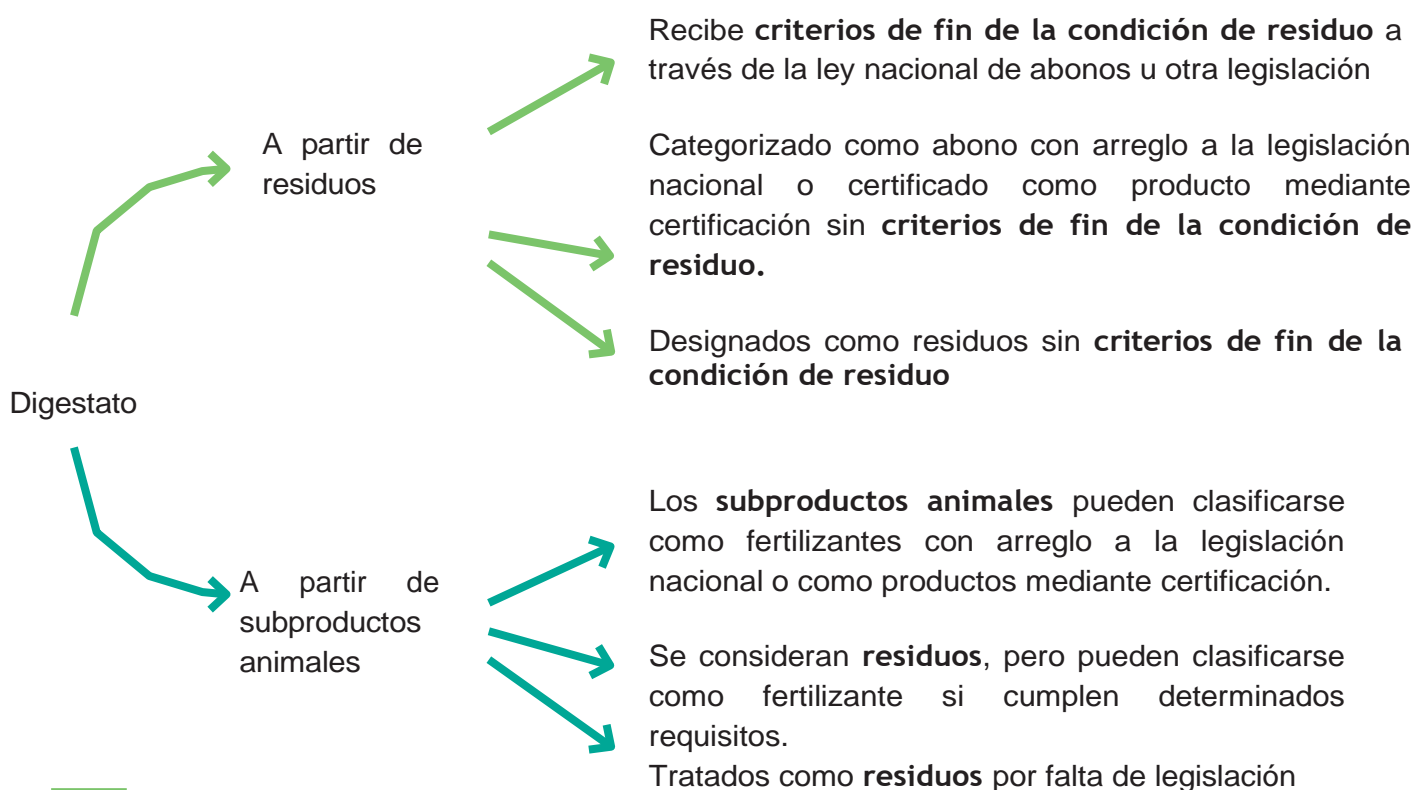
En algunos países (como Austria, Bélgica (Valonia), Francia, Alemania, Letonia y Suecia), el mercado local de digestato funciona eficazmente, incluso con libre suministro o comercio de insumos. En consecuencia, los productores de biogás de estas regiones no siempre dan prioridad a la gestión del digestato ni a los marcos normativos.

Por el contrario, en otros países -a menudo los que se enfrentan a la mala calidad del agua<sup>70</sup>, la eutrofización y la contaminación de las aguas subterráneas, y donde estas cuestiones son objeto de un intenso escrutinio por parte de los ciudadanos y el gobierno- el uso de digestatos está más estrictamente regulado. Esta mayor regulación puede plantear problemas en la gestión del digestato. En estos casos, los

productores de biogás se ven obligados a buscar soluciones normativa (y técnicas) para reconocer mejor los beneficios del digestato y explorar potencialmente oportunidades de exportación.

Otro factor crucial que influye en el mercado del digestato es la conexión de las plantas de biogás con el suelo. Las plantas de biogás "industriales", que procesan residuos industriales, biorresiduos domésticos o aguas residuales, suelen carecer del terreno necesario para aplicar el digestato. En estos casos, los productores de biogás deben colaborar con los agricultores cercanos para encontrar soluciones a la aplicación del digestato. Este reto puede verse agravado en países donde la agricultura se basa en gran medida en la ganadería intensiva y la tierra cultivable es limitada. Esta situación contrasta fuertemente con el modelo de biogás en la granja, donde la planta de biogás está integrada en las operaciones agrícolas.

Figura 8: Características generales del marco regulador nacional de los digestatos



70 Según el último informe de aplicación de la Directiva sobre nitratos elaborado por la Comisión Europea - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC1000>, los países que deben adoptar urgentemente medidas adicionales para alcanzar los objetivos de la Directiva sobre nitratos son Bélgica, Chequia, Alemania, Luxemburgo, los Países Bajos y España.



En general, el marco regulador de los digestatos se organiza del siguiente modo:

- **Digestato de materias primas residuales** (por ejemplo, biorresiduos, residuos industriales, residuo agrícolas<sup>71</sup>):

1) **El digestato recibe el estatus de residuo final a través de la legislación nacional sobre fertilizantes** (Croacia, Chequia, Estonia, Polonia, Eslovaquia, España) **u otra legislación** (Flandes, Francia, Italia<sup>72</sup>). En este caso, la carga administrativa no se reduce necesariamente.

2) **El digestato se clasifica como fertilizante<sup>73</sup> según la legislación nacional** (Austria, Finlandia, Alemania, Grecia, Países Bajos), **o se certifica como producto mediante certificación** (Suecia) **incluso sin criterios de fin de la condición de residuo**. En este caso, incluso sin que se le concedan criterios de fin de la condición de residuo, el efecto es similar al de tener un estatus de fin de la condición de residuo.

3) **El digestato se clasifica como residuo sin criterios de fin de la condición de residuo** (Hungría, Irlanda, Letonia, Portugal, Valonia): los productores deben obtener una autorización/certificado de uso específico para aplicar su digestato o respetar un plan de esparcimiento (que deberá ser frecuente). Esto suele conllevar una gran carga administrativa y no favorece la adaptación a los cambios en las materias primas.

Establecer un criterio de fin de la condición de residuo no siempre es la principal preocupación. Lo fundamental es contar con una legislación clara que ofrezca seguridad jurídica para todos los tipos de productos y requisitos que puedan aplicarse fácilmente, evitando así trámites burocráticos. De hecho, la importancia de

mantener la clasificación de residuos no radica principalmente en la carga administrativa o los obstáculos normativos, sino en la percepción pública del digestato. Mientras el digestato siga clasificado como residuo, su valor disminuirá, lo que dificultará su aceptación y utilización.

- **Digestato de subproductos animales**

1) **El digestato tiene categoría de subproducto animal y puede clasificarse como fertilizante<sup>74</sup> según la legislación nacional o certificarse como producto/fertilizante mediante certificación** (Alemania, Croacia, Chequia, Eslovaquia, España, Finlandia, Grecia, Italia, Países Bajos, Polonia y Suecia).

2) **El digestato de subproductos animales se considera residuo, pero puede clasificarse como abono si cumple determinados requisitos** (Austria y Francia).

3) **El digestato procedente de subproductos animales se trata como residuo por falta de legislación** (Hungría, Irlanda, Letonia, Portugal, Valonia): el digestato procedente de subproductos animales se enfrenta a restricciones similares a las del digestato procedente de residuos.

Una legislación clara también contribuirá a aclarar la situación del digestato procedente de subproductos animales y facilitará el despegue de este mercado.

El marco para los digestatos es complejo y dista mucho de estar armonizado en todos los Estados miembros.

71 A veces, el digestato de cultivos o residuos agrícolas no se considera residuo, sino subproducto.

72 En ciertos casos.

73 O mejorador del suelo.

74 O mejorador del suelo.

Puede llegar a ser aún más complicado, ya que los requisitos legislativos para el digestato se aplican generalmente a la comercialización en el mercado (por ejemplo, generalmente definido como suministro o venta libre). Los diferentes conjuntos de requisitos dependen del origen, la utilización y las condiciones de comercialización del digestato<sup>75</sup>.

### **Sistema de garantía de calidad/certificación del digestato:**

Los sistemas de garantía de calidad son especialmente útiles para generar confianza en el producto entre los usuarios. A menudo se diseñan para digerir residuos biológicos y lodos de depuradora, materias primas que suelen suscitar más preocupaciones en términos de toxicidad o impacto ambiental. Un control más estricto del proceso para demostrar el cumplimiento de las normas higiénicas o la adición de otros contaminantes que deban someterse a prueba en estos productos permite obtener productos de alta calidad más capaces de ganarse la aceptación social.

### **Principales obstáculos a la utilización de digestato:**

- Durante las entrevistas, el principal obstáculo normativo destacado por los encuestados fue el límite de la Directiva de Nitratos, que restringe la aplicación de digestato procedente del estiércol. Para muchas partes interesadas, la autorización de los productos RENURE<sup>76</sup> de 170 kg de nitrógeno por hectárea y año<sup>77</sup> a las necesidades de los cultivos sería un primer paso hacia la creación de igualdad de condiciones entre los fertilizantes orgánicos y sintéticos.
- La falta de un estatus de fertilizante/producto para el digestato en la legislación nacional es también un obstáculo importante, ya que conduce a una depreciación del valor del digestato.
- En general, la complejidad del marco regulador de los digestatos, especialmente cuando son los agricultores quienes los producen, es un problema.
- Las partes interesadas coinciden en que el valor del digestato como fertilizante orgánico y mejorador del suelo no está suficientemente reconocido y que los agricultores de muchos países siguen desconfiando del producto. Para algunas partes interesadas, los productos derivados del digestato deberían valorizarse más como alternativa a los fertilizantes sintéticos, y el bajo precio de estos últimos sigue siendo el principal problema para su adopción. Los factores reguladores son cruciales para promover la adopción del digestato en la agricultura.

---

<sup>75</sup> Esto incluye considerar si el digestato: 1/ se aplica directamente a la tierra perteneciente a la planta de biogás/productor de digestato frente a cuando el digestato se suministra libremente o se vende a otro agricultor para una aplicación en campos fuera de la planta de biogás inicial, 2/ cuando el digestato se hace a partir de materiales de entrada internos frente a cuando se hace a partir de materiales de entrada recogidos fuera de la planta de biogás.

<sup>76</sup> <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC121636>

<sup>77</sup> Nitrates Directive 91/676/EEC <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1561542776070&uri=CELEX:01991L0676-20081211>









Siga nuestras actividades



[X](#)



[LinkedIn](#)



[Página web](#)



[Boletín](#)