



## Biogás y gestión de nutrientes

Muchos proyectos aparentemente bien elaborados de plantas de biometano se encuentran, en el momento de la verdad, con el problema de qué hacer con el digestato. Este problema no sería tal si primero se diseña el plan de gestión de los nutrientes, adaptado a las circunstancias locales, y se toma este como hoja de ruta para la toma de decisiones del resto del proyecto.



**Xavier Flotats Ripoll**

Profesor Emérito de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica de Catalunya – UPC BarcelonaTech

La energía contenida en los alimentos procede de la energía solar fijada por los organismos fotosintéticos, al igual que el contenido energético de los efluentes residuales de toda la cadena alimentaria, desde los restos de cosecha, deyecciones ganaderas o residuos de la industria alimentaria hasta la fracción orgánica de los residuos domésticos o las heces humanas en las aguas residuales. Los macro- y micronutrientes que el cuerpo humano necesita para vivir, que corresponden a su composición (C, O, H, N, Ca, P y unos 14 elementos más de la tabla periódica), proceden del CO<sub>2</sub> de la atmósfera, del suelo agrícola y de las aguas. El cuerpo de un adulto con un peso estable no los acumula, los repone con la alimentación y los excreta a través del aliento, la transpiración, la orina y las heces.

Esto significa que parte de la energía capturada durante la fotosíntesis, no utilizada en el metabolismo de los animales y humanos, así como casi todos los nutrientes, se encuentran en los residuos orgánicos y en las aguas residuales de toda la cadena alimentaria.

El concepto de economía circular también afecta al ciclo de estos materiales, de los que se puede aprovechar su contenido energético, renovable, y los nutrientes para la producción de alimentos. El proceso que cumple las características de aprovechamiento energético y conservación de nutrientes es la digestión anaerobia, que produce un gas combustible, llamado biogás, y un digestato, producto de la digestión, que contiene los nutrientes iniciales, con cambios en su estado de oxidación, menos una pe-



queñísima fracción que se puede transferir al biogás en forma de  $H_2S$  o  $NH_3$ .

Producir biogás y enriquecerlo a biometano es relativamente fácil, una vez localizada la planta en un lugar "idóneo"; es un tema técnico del que hay suficiente experiencia y documentación. Decidir la dieta idónea de recursos orgánicos cercanos ya presenta una mayor complicación, se necesita conocerlos, su variación temporal de composición y periodicidad en su disponibilidad, lo cual requiere operar con transitorios durante la operación, con posibilidad de predecirlos mediante simulación numérica. Planificar de forma realista el uso de los nutrientes tiene un grado de complejidad superior; es necesario trabajo de campo, coordinación y conocimiento especializado de agricultores y expertos en fertilización. El proceso de digestión anaerobia aporta ventajas para el uso posterior del digestato: eliminación de parásitos animales, de huevos y larvas de insectos, de semillas de malas hierbas, estabilización de la materia orgánica, reducción de malos olores y de viscosidad, mineralización, mejora de la eficiencia en el uso del nitrógeno como fertilizante y homogenización, además de posibilidad en planta centralizada de aplicar tratamiento térmico para eliminar virus, en caso de necesidad, lo cual no está al alcance de granjas individuales.

A pesar de las ventajas económicas y energéticas

del biometano, lo que da sentido a todo es el reciclaje de los nutrientes contenidos en el digestato (Flotats, 2021), teniendo en cuenta que no existe el reciclaje gratuito (Georgescu-Roegen, 1979).

Reciclar significa fertilizar con el digestato o sus subproductos adoptando criterios agronómicos, no echándolos al campo a la máxima dosis legalmente aceptable. Hay que aplicar las dosis que cada cultivo específico requiera, en la forma y en el momento adecuado, según la productividad esperada de cada cultivo, en las condiciones de riego o secano que correspondan y según la calidad y composición de los suelos de cada parcela. Los métodos de medida actuales y la digitalización, incluidos sistemas de información geográfica para optimizar la logística, junto con el asesoramiento de especialistas en fertilización, puede mejorar mucho la trazabilidad y las prácticas de fertilización de precisión a partir de una planta centralizada, con un plan de gestión colectivo de nutrientes, respecto de usos individuales de cada productor de sustratos por separado, sin la formación y herramientas apropiadas.

Una práctica recomendable es localizar la planta cerca del centro de gravedad de todos los focos productores de nutrientes, de nitrógeno y fósforo prioritariamente, porque con esto se reducen los costes de transporte. Este cálculo puede ser relativamente



sencillo en zonas de elevada carga ganadera, lo cual implica priorizar la minimización del transporte de materias de baja densidad energética, usualmente con más contenido en nutrientes. En zonas de elevada densidad ganadera, allí donde sería adecuada una instalación, según este criterio, es probable que la superficie agraria disponible para fertilización a las dosis adecuadas se encuentre lejos, por saturación, más si es zona vulnerable a la contaminación por nitratos. Concentrar los nutrientes es una alternativa técnica para reducir costes de transporte, elevando los costes energéticos, pero hay que notar que si este es el problema para la gestión del digestato es que previamente ya lo era para las deyecciones de la zona. Cargar el coste de una mejor gestión de los nutrientes al de la producción de biometano crea un escenario en que es necesario aumentar la escala conforme más grave es el problema, para aprovechar la economía que esto representa, pero agravando a su vez los costes de gestión global, de entradas y salidas. Encontrar el tamaño óptimo es de una dificultad extrema, requiere mucho trabajo de campo, aunar voluntades y políticas gubernamentales claras.

Esta es una situación muy común en muchas zonas de Europa, con consecuencias negativas para la contaminación de aguas por nitratos, y por fosforo donde los suelos son ácidos. La mayoría de los países con más carga ganadera han dado respuesta a esta

problemática reduciéndola. En la Figura 1 se muestra la variación de la carga ganadera en el periodo 2005-2023 en unidades ganaderas totales (UGT) por hectárea de SAU e incremento (crecimiento o decrecimiento) de las UGT y de las UG de ganado porcino de diferentes países europeos, para los que se tienen datos completos para el periodo indicado. Países Bajos presenta una reducción de la cabaña ganadera del 4,8% de UGT, que no se aprecia en la variación de la carga ganadera, debido a reducción de la SAU en un 6,95%; también es así para Italia.

Sólo cuatro países presentan crecimiento de la cabaña ganadera y sólo dos de ganado porcino, Irlanda y España. Cuando los datos anteriores se confrontan con los de incremento en la producción de biogás (Figura 2), se concluye que más producción de biogás no atrae a más producción ganadera. Todo depende de las políticas de cada país sobre autosuficiencia energética y protección ambiental, la cual, en este ámbito, corresponde al uso adecuado de residuos orgánicos, de deyecciones y de digestatos, o sus derivados, con el objetivo de mayor eficiencia de la fertilización y menor impacto sobre aguas y atmosfera. Una carga ganadera elevada dificulta y encarece el reciclaje correcto de los nutrientes, independientemente del aprovechamiento energético de las deyecciones.

Se podría afirmar que lo que atrae a la ganadería intensiva es la disponibilidad de suelo agrícola,

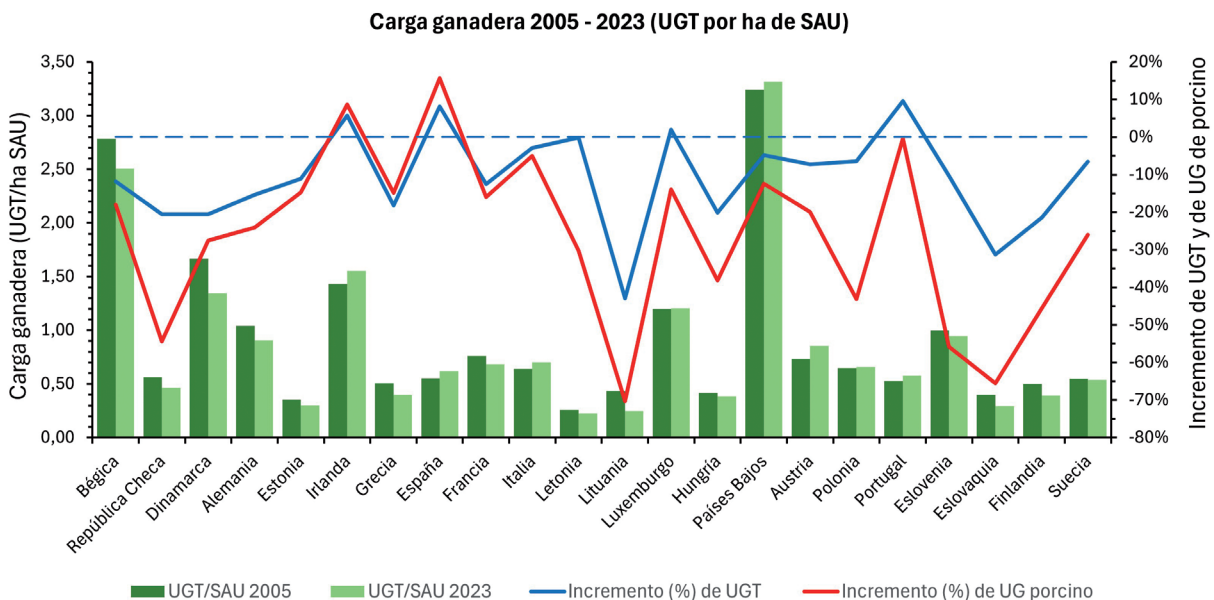


Figura 1. Carga ganadera (Unidades de ganado totales - UGT por ha de superficie agrícola utilizada - SAU) e incrementos de UGT y de UG de porcino, en los países de Europa que se indican. Fuente: elaboración propia a partir de EUROSTAT (2026 a, 2026b)

pero deben considerarse otros factores: tradición y conocimiento local, fábricas de pienso, servicios veterinarios, infraestructuras de transporte, de materias primas y de productos, e infraestructuras de transformación y comercialización, entre otros. Estos factores explican que en determinadas zonas se concentre una cabaña ganadera elevada, con una carga muy superior a la media del país, como en el valle del Po en Italia, la Bretaña en Francia o Osona en España.

Después de la aprobación de la Directiva Nitratos (91/676/CEE), cada país optó por diferentes soluciones: promocionar los sistemas NDN de eliminación biológica de nitrógeno en Francia, con costes energéticos significativos, que con los años evolucionó a soluciones de recuperación de nutrientes para exportar, como es el caso de la cooperativa Cooperl en Bretaña, utilizando la energía de la combustión de residuos cárnicos para la concentración térmica, y desde 2019 produciendo biometano a partir de la fracción sólida de purines y lodos de la depuradora del matadero industrial (Feliu y Flotats, 2020); separación sólido-líquido en Italia, para mejorar la gestión de la fertilización (Foged et al., 2011); o adopción de tasas a una mala gestión del nitrógeno, o al uso de nitrógeno mineral, con objetivos mínimos de eficiencia de la fertilización nitrogenada según espe-

cie animal en Dinamarca (Foged, 2019). Flotats et al. (2013) concluyeron que el principal factor determinante para la adopción de una estrategia específica de tratamiento de deyecciones es la implementación de la Directiva Nitratos, con los consiguientes requisitos de gestión de nutrientes, seguido de los incentivos para la producción de energía renovable.

En España, una vez traspuesta la Directiva por el RD 261/1996 (actualizado por el RD 47/2022), en 1998 se optó por una solución original, pero no sostenible: la concentración térmica de purines, utilizando gas natural como fuente de energía, para favorecer el transporte de zonas de elevada densidad de porcino a zonas agrícolas con demanda, con diferentes esquemas tecnológicos (Flotats et al. 2004). De las 28 plantas que se instalaron a partir de 1999, 5 producían biogás para reducir el consumo de gas natural y mejorar el perfil del proceso de evaporación al vacío, con menor consumo de químicos para el control del pH y recuperación media elevada de nitrógeno en el producto seco, del 95% (Flotats, 2019). Según Flotats (2000):

*“La promulgación del Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica, residuos y cogeneración, ha propiciado un cambio en la percepción del concepto tratamiento; ha alterado la estructura de precios y por tanto la re-*

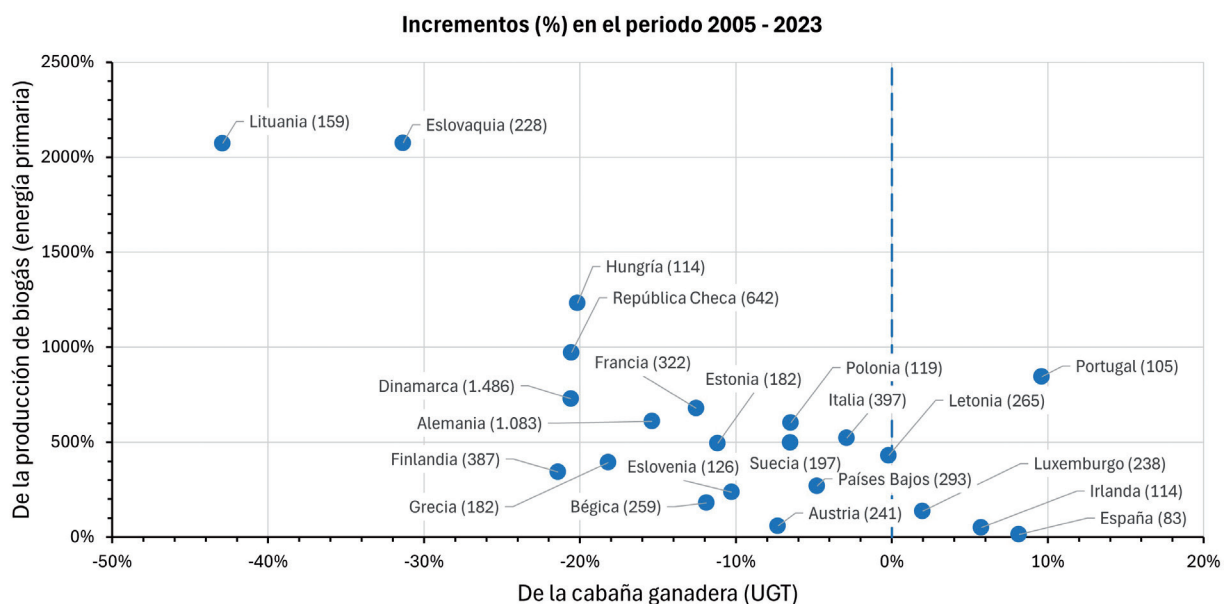


Figura 2. Incremento de la cabaña ganadera, de unidades ganaderas totales (UGT), vs incremento de la producción de biogás en unidades de energía primaria, para los países que se indican. Entre paréntesis la producción de biogás por habitante en el año 2023 (kWh/hab·año). Fuente: elaboración propia a partir de EUROSTAT (2026a, 2026c)

lación oferta/demanda en el mercado; ha modificado las prioridades de las líneas de investigación y desarrollo, y las prioridades en las estrategias y objetivos de los tratamientos. ( ... ). Dado que la coyuntura económica es, o puede ser, cambiante, la estrategia prioritaria, que haya puesto de manifiesto el plan de gestión de nutrientes, debe tener un peso específico importante en el proceso de toma de decisiones, con el fin de tender a sistemas sostenibles.

Hay que notar que la aplicación del Real Decreto se ha traducido en la aparición de una capacidad de iniciativas e inversora insospechada, y que ha tenido, también, una utilidad pedagógica importante en dos aspectos: 1) los factores energéticos son pieza clave para implantar tratamientos viables en zonas excedentarias, y 2) con el establecimiento de una estructura de primas y precios apropiada, es posible favorecer el desarrollo tecnológico en la dirección deseada. Hay que aprovechar este empuje para invertir en R+D+I, para crear estructuras, para desarrollar soluciones y para crear cultura tecnológica."

La "anestesia" temporal que significó aquella situación hizo que pocos recordaran la última frase anterior. Hasta el RD 661/2007 la tarifa regulada de la energía eléctrica, producida mediante biogás, no superó a la de cogeneración con gas natural para secado de purines, establecida a partir del RD 2818/1998, lo cual propició el inicio de construcción de plantas de

biogás agroindustrial, que paró al cabo de 6 años. No es de extrañar que, en el análisis comparativo realizado por Hou et al. (2018), se concluyera que los ganaderos españoles, a diferencia de los de otros países, no apreciaran ningún interés ni ventaja competitiva en el biogás de las deyecciones. Revertir la visión y las prioridades es todavía una necesidad.

Se podría pensar que allí donde se instaló una planta de concentración térmica de purines aumentó la cabaña porcina, por un posible efecto atractor de estas instalaciones como sumidero de nutrientes. El hecho es que, comparando en España los censos agrarios de 1999 y 2020 (INE, 2026), con un incremento de carga ganadera de 0,55 a 0,62 UGT/ha, valores bajos respecto otros países según Figura 1, la cabaña porcina ha aumentado en muchas provincias, ya sea con plantas o sin ellas. Analizando a una menor escala, a nivel comarcal, se comprueba en Cataluña (Figura 3), con una carga media de 3,04 UGT/ha en 2020, que entre las que han aumentado la cabaña ganadera, por encima de la tendencia lineal, se encuentran comarcas que no han dispuesto de estas instalaciones. Esto es lógico, por dos motivos:

1. El limitante, o atractor, es el acceso al suelo agrario en zona no vulnerable, porque los planes de acción en zonas vulnerables obligan a justificar el uso agrícola de las deyecciones fuera de estas zonas,

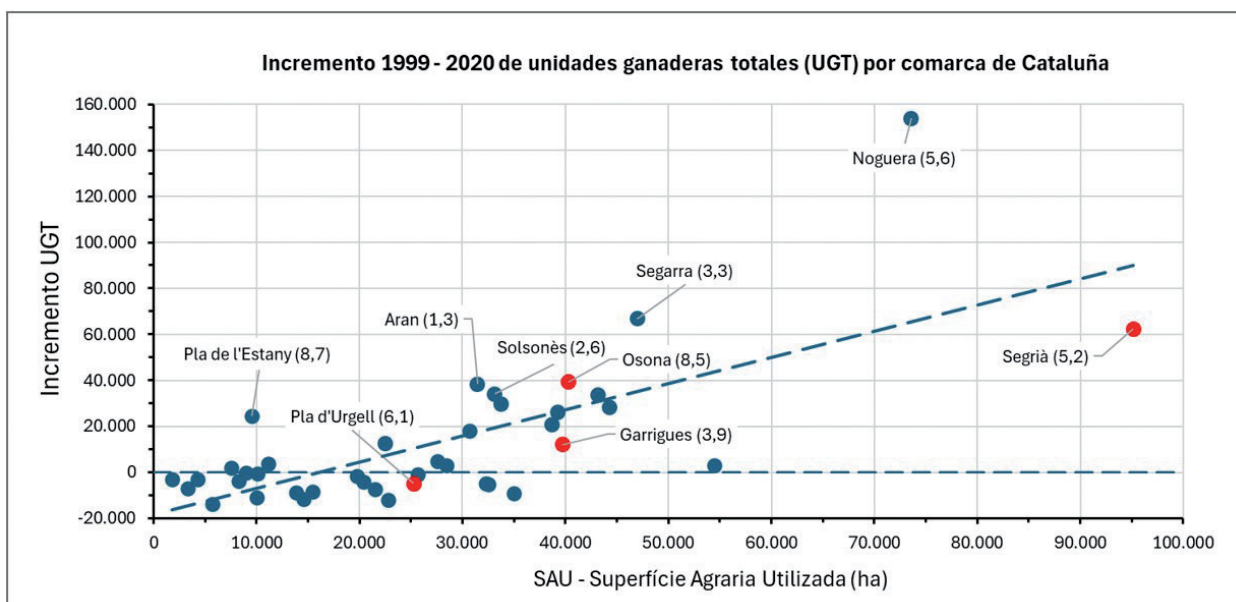



Figura 3. Incremento de UGT en el periodo 1999 - 2020 y SAU por comarca de Cataluña. En rojo comarcas con plantas de concentración térmica; entre paréntesis se indica carga ganadera (UGT/ha ). Fuente: Elaboración propia a partir de IDESCAT (2026)

para ampliaciones o nuevas granjas, aparte que el contrato con una planta de secado térmico no se podía justificar para una ampliación de la explotación ganadera.

2. Una planta de tratamiento se dimensiona para una capacidad nominal, con un margen de seguridad. Debido a que una instalación tiene un comportamiento no lineal, sobre todo si el proceso es biológico, aumentar el caudal de entrada no implica aumentar proporcionalmente el rendimiento o la producción, ya sea de biogás, de biometano, de electricidad o de concentrados. Es más, aumentar puede significar reducir rendimiento o hasta colapsar el sistema.

Una planta de biogás y biometano ha de mejorar los indicadores ambientales de su zona de influencia. Esto afecta tanto a la reducción de malos olores y de emisiones de gases de efecto invernadero y de amoníaco, como a la mejora de los planes de gestión de nutrientes y de las eficiencias de fertilización, apor-

tando a su vez al mercado, nacional o internacional, productos de calidad que reduzcan el consumo de fertilizantes minerales. Esto, que es un servicio que ha de ofrecer a los agricultores y, en general, a la comunidad, también tiene interés para la administración, a la que así se le facilita el control y trazabilidad del uso de los nutrientes, mucho más fácil en un plan de gestión colectivo.

Por todo lo anterior, posiblemente el plan de gestión de los nutrientes sea la parte más importante, y factor clave, para la viabilidad del proyecto de una planta de biometano, aunque no sea la que ofrezca más ingresos a corto plazo. Es de esperar, como en el resto de Europa, que se reduzca la carga ganadera en zonas de alta densidad, que las plantas de biogás ayuden a mejorar las prácticas de fertilización y que estas sean atractores de nuevas industrias para la producción de biomateriales, para sustituir aquellos que actualmente se producen a partir de recursos fósiles. 

### Referencias bibliográficas:

EUROSTAT (2026a). Livestock units by animal groups and size classes of livestock units. [https://doi.org/10.2908/EF\\_FSI\\_LSK](https://doi.org/10.2908/EF_FSI_LSK)

EUROSTAT (2026b). Gross nutrient balance. Utilised agricultural area. [https://doi.org/10.2908/AEI\\_PR\\_GNB](https://doi.org/10.2908/AEI_PR_GNB)

EUROSTAT (2026c). Energy flow - Sankey diagram data. Primary production, biogases. [https://doi.org/10.2908/NRG\\_BAL\\_SD](https://doi.org/10.2908/NRG_BAL_SD)

Feliu, A., Flotats, X. (2020). Los gases renovables, un vector energético emergente. *Publicaciones de la Fundación Naturgy*, núm. 34, 290 p. <https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/los-gases-renovables-un-vector-energetico-emergente/>

Flotats, X. (2000). Perspectivas de futuros desarrollos e iniciativas en la gestión y tratamiento de purines. *RETEMA*, 75, 37-47. <http://hdl.handle.net/2117/6666>

Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J. (2004). Concentración de deyecciones ganaderas mediante procesos térmicos. En: *Ponencias del II Encuentro Internacional Gestión de Residuos Orgánicos*. Pamplona, 28-29 de octubre de 2004. <https://hdl.handle.net/2117/22522>

Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Foged, H.L. (2013). Trends on manure processing in Europe. En: *Book of Proceedings, 2nd International Conference of WASTES: solutions, treatments and opportunities*. Braga (Portugal), 11-13 September. Centro para a Valorização de Resíduos, p. 587-592. <https://hdl.handle.net/2117/24925>

Flotats, X. (2019). Biogas: perspectives of an old technology. En: *Bastidas-Oyanedel, J.R., Schmidt, J.E. (eds.), Biorefinery – Integrated Sustainable Processes for Biomass Conversion to*

*Biomaterials, Biofuels, and Fertilizers*. Springer International Publishing AG, p. 313-349. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5_13)

Flotats, X. (2021). La necesidad de una gestión integral de los nutrientes. *RETEMA*, 235, 120-125. <https://hdl.handle.net/2117/359345>

Foged, H.L. (2019). Note about Danish policies on agricultural biogas production and status for their implementation. *SuMaNu Platform*, diciembre 2019. [https://www.organe.dk/docs/Danish\\_agricultural\\_biogas\\_policies\\_and\\_status.pdf](https://www.organe.dk/docs/Danish_agricultural_biogas_policies_and_status.pdf)

Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Magrí, A., Schelde, K.M. (2011). Inventory of manure processing activities in Europe. Technical Report No. 1 concerning "Manure Processing Activities in Europe" to the European Commission, Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007. <http://hdl.handle.net/2117/18943>

Georgescu-Roegen, N. (1979). *Demain la décroissance*. Editions Pierre-Marcel Favre, Paris. 158 p.

Hou, Y., Velthof, G.L., Case, S.D.C., Oelofse, M., Grignani, M., Balsari, P., Zavattaro, L., Gioelli, F., Bernal, M.P., Fanguero, D., Trindade, H., Jensen, L.S., Oenema, O. (2018). Stakeholder perceptions of manure treatment technologies in Denmark, Italy, the Netherlands and Spain. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1620–1630. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.162>

IDESCAT (2026). Cens agrari 1999 y 2020, a partir de cens agrari de l'INE. Institut d'Estadística de Catalunya. <https://www.idescat.cat/pub/?id=censag>

INE (2026). Censos agrarios de 1999 y de 2020. Instituto Nacional de Estadística. <https://ine.es/>