



# La necesidad de una gestión integral de los nutrientes



Xavier Flotats Ripoll

Profesor Emérito de Ingeniería Ambiental

Universidad Politécnica de Catalunya, UPC - BarcelonaTECH | [www.upc.edu](http://www.upc.edu)

**E**l sector ganadero de la UE-28 generó una producción con un valor de 170.000 M€ en 2017, un 40% de la actividad agrícola, con una producción de 47 Mt de carne, siendo el segundo productor

mundial detrás de la China, y 160 Mt de leche, con una producción del orden de 12 Mt de proteína. Es el primer exportador mundial de productos cárnicos y lácteos, con un valor de 33.700 M€ en 2019. El consumo de carne

aporta aproximadamente el 50% de la proteína en la dieta europea, con tendencia a la baja, pero a nivel mundial se prevé un crecimiento hasta 2050, sobretodo de productos avícolas y de cerdo (Peyraud y MacLeod, 2020).

El sector ganadero y sus industrias asociadas, como la de producción de piensos y las de procesado de los productos, ha fijado población en el medio rural y ha contribuido al equilibrio territorial en muchas regiones europeas, como Bretaña, Países Bajos, Cataluña, Dinamarca, norte de Alemania o Lombardía, por ejemplo, zonas en las que a lo largo de los años se ha concentrado un conocimiento y una especialización que ha permitido innovación en genética, sanidad, manejo y alimentación, y unos índices productivos que han hecho a Europa competitiva a nivel mundial. Europa no produce, especialmente en estas regiones, suficiente proteína

vegetal para alimentar a su cabaña ganadera, de manera que ha de recurrir a las importaciones para hacer frente a la demanda. A la importancia económica que representa este sector en las regiones mencionadas y para la balanza comercial europea se contraponen su sostenibilidad ambiental; cuanto más exitosa es esta actividad, más deyecciones ganaderas quedan en el territorio de las regiones exportadoras, creándose problemas de excedentes locales de nutrientes en un contexto de flujo intercontinental. Lassaletta et al. (2014a) valoraron el flujo intercontinental de nitrógeno (N) del año 2010 en 23,6 Mt N en forma de diferentes productos agrarios,

principalmente soja y sus derivados (44%), siendo Europa importador neto de 2,3 Mt N en 2009.

En la Figura 1 se muestra una simplificación del ciclo del N relativo a la producción y consumo de carne en Europa, con el objetivo de aproximación a la importancia relativa del balance de este nutriente. Los datos indicados en la Figura 1 son estimados e indicativos de órdenes de magnitud, y no considera proteína vegetal destinada a consumo humano.

El uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis (nitrato amónico, urea,...) es del orden del 45%, mientras que los subproductos orgánicos y las deyecciones ganaderas suponen un 40% (relación

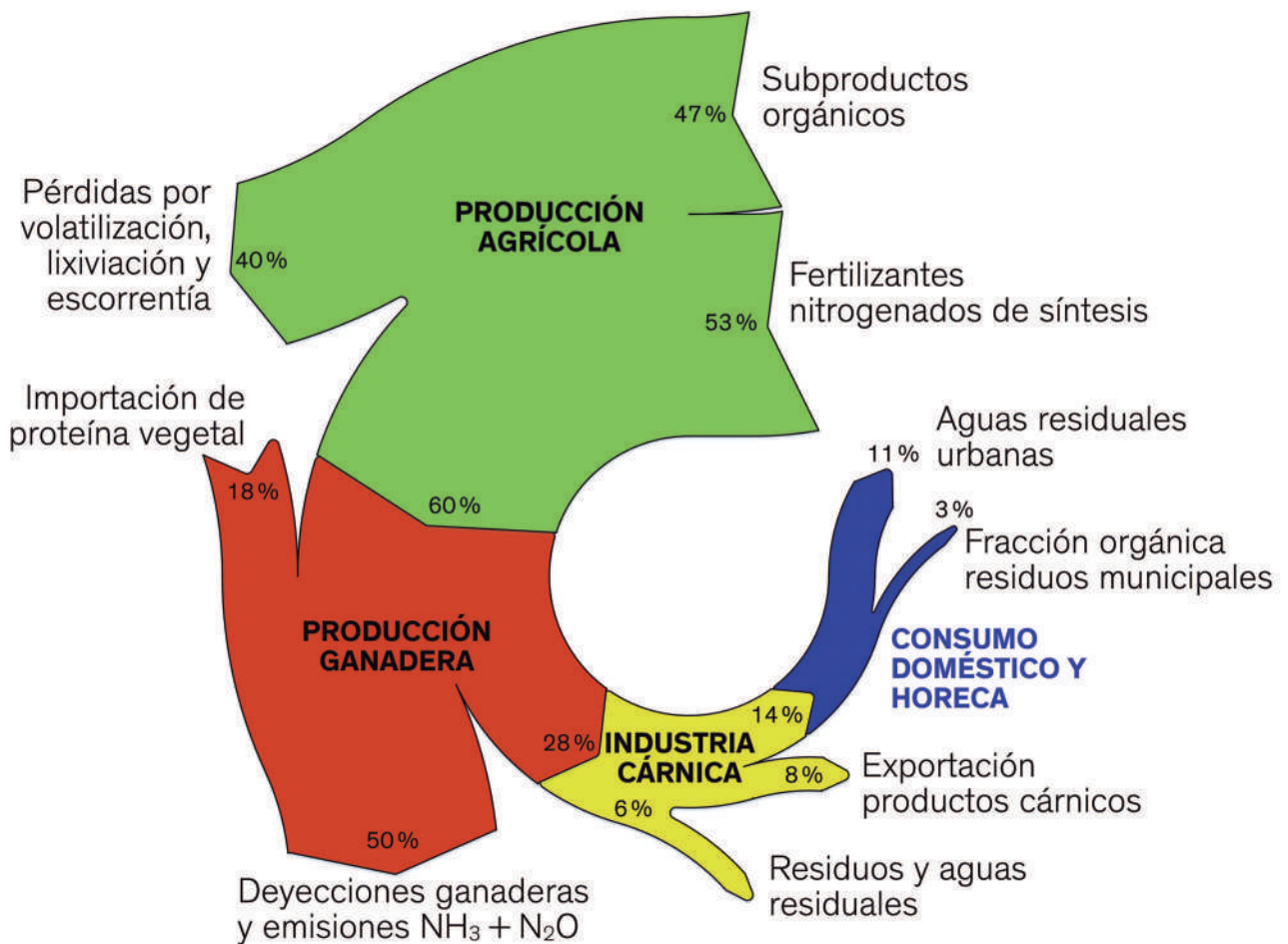


Figura 1. Aproximación simplificada al ciclo del nitrógeno relativo a la producción y consumo de carne en Europa. Fuente: Elaborado por el autor, con datos estimados a partir de información de las referencias que se citan

53/47) de las entradas de N al sistema agrícola europeo; el resto corresponde a fijación biológica de nitrógeno por leguminosas, deposición atmosférica y otras entradas en forma de material vegetal de siembra. Los fertilizantes nitrogenados de síntesis se producen a partir de  $N_2$  atmosférico y gas natural mediante el proceso Haber-Bosch. El consumo de fertilizantes nitrogenados minerales fue de 10,2 Mt N en 2018 (EUROSTAT, 2021); su producción y posterior distribución supone una emisión estimada de gases de efecto invernadero (GEI) de 4,57 kg  $CO_2$  eq/kg N (Giuntoli et al., 2017). La eficiencia media global de la fertilización nitrogenada en la UE se sitúa en torno al 60%, el resto se pierde por volatilización (amoníaco -  $NH_3$ , óxido nitroso -  $N_2O$ ), lixiviación (nitratos -  $NO_3^-$ ) y escorrentía. Estas pérdidas se traducen en graves problemas de contaminación de la atmósfera y aguas subterráneas o superficiales.

La autosuficiencia de proteína vegetal para alimentar la cabaña ganadera se sitúa alrededor del 80% en la UE, con un valor del 77% en 2019, por lo cual este año se importó un 23% de las necesidades de N para la producción de piensos (FEFAC, 2021). La eficiencia en la fijación de N en forma de proteína en los tejidos es del orden del 35% para cerdos, menor en bovino y mayor en aves, el resto se evacúa de las explotaciones ganaderas a través de las deyecciones. Según sea al manejo de estas, una parte importante del N se emite en forma de  $NH_3$  y en menor medida de  $N_2O$ . Las emisiones en el sector agrícola de la UE en 2015 fueron de 3,75 Mt de  $NH_3$ , un 94% de las emisiones totales, de las cuales un 67% aproximadamente debidas a la gestión de las deyecciones y el resto procedente de suelos agrícolas. Los porcentajes calculados por Bartrolí et al. (2005) de pérdidas de N en el sector agrícola y ganadero en Cataluña fueron superiores a los estimados para el global de la UE.

La Directiva sobre techos máximos de emisión de gases contaminantes (EC, 2001), entre ellos el  $NH_3$ , impulsaron diferentes medidas para reducir estas emisiones en la UE, tales como cubrir balsas de purines, reducción de cabaña ganadera o reducción del consumo de fertilizantes minerales, consiguiendo que la media de reducción en 2015 respecto 1990 se situara en el 24%, con valores que sobrepasan el 40% para algunos países. Sólo un Es-

El sector del tratamiento de efluentes residuales aparece como estratégico para la sostenibilidad del sistema alimentario

tado miembro, España, incrementó estas emisiones, en un 7% (EUROSTAT, 2021). Paradójicamente, España importa el 60% de las necesidades de proteína vegetal para alimentación animal y se ha convertido en el mayor productor de piensos compuestos y exportador de carne de cerdo de la UE (CESFAC, 2019; Molina, 2021).

Evitar las emisiones de  $NH_3$  de las deyecciones implica reducir problemas sanitarios en los animales que lo respiran y aprovechar este nitrógeno para substituir fertilizantes de síntesis, con un potencial de ahorro en la UE de 9,5 Mt  $CO_2$  eq/año de GEI, según datos de 2015. Esta substitución presenta dificultades técnicas, debido a la mayor facilidad de manejo de los fertilizantes minerales, y obliga a adoptar sistemas de transformación de las deyecciones en nuevos productos fertilizantes.

En la etapa de transformación por la industria cárnica se producen pérdidas de proteína a través de productos no aptos para el consumo humano, residuos y aguas residuales. A partir de las exportaciones de carne de cerdo de 2019 se ha estimado una exportación de N en los productos cárnicos del 26%. El porcentaje de N que llega al consumidor, según los valores aproximados estimados anteriormente, es del 14%, valor coherente con estimaciones de Smil (2011) para países con un importante peso de la proteína animal en la dieta alimentaria.

En una persona adulta, con un peso corporal estable, el N contenido en los tejidos se reemplaza, a diferencia de las etapas de crecimiento, infancia y adolescencia, de modo que no se acumula y un balance corporal en una persona adulta sana resultaría en que todo el N ingerido es igual al nitrógeno excretado en diferentes formas (sólida, líquida o gaseosa). En un estudio sobre los flujos de nitrógeno en el sector doméstico en Austria, Pierera et al. (2015) evaluaron que el N de los alimentos proteicos entrados en un hogar medio salía un 19,1% en la fracción orgánica de los residuos domésticos, un 80,6% a través de las aguas residuales y el resto (0,3%) a través de la respiración. En un análisis previo en Cataluña (Bartrolí, 2003), se obtuvo que un 74,8% del nitrógeno de las proteínas de los alimentos salía a través de las aguas residuales.

En definitiva, al final del ciclo de vida de las proteínas todo el nitrógeno de estas, en forma orgánica o amoniacal, se encuentra en las deyecciones ganaderas, en los residuos orgánicos, domésticos y de la industria alimentaria, en las aguas residuales, en las aguas continentales en forma de nitratos, y en la atmósfera en forma de  $NH_3$  y  $N_2O$ . Sólo la parte de los subproductos orgánicos residuales que se recicla como fertilizantes puede contribuir a la sostenibilidad del sistema, pero si se mantie-



nen los hábitos de consumo y las eficiencias actuales, de transformación, de fertilización y de recuperación de nutrientes, se depende de la producción sintética de fertilizantes nitrogenados para mantener el ciclo. Son necesarios cambios estructurales en toda la

cadena y en los objetivos del sector del tratamiento de los efluentes residuales. El fósforo (P) tiene un comportamiento parecido, con el agravante que es un recurso fósil con reservas limitadas y que no se puede producir de forma artificial como el amoníaco.

El informe de 2019 del Grupo Inter-gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2019), de acuerdo con simulaciones numéricas, apuntaba que las dietas equilibradas basadas en alimentos de origen vegetal y de origen animal producidos de manera sostenible en sistemas que generan pocas emisiones de GEI presentan más oportunidades de adaptación al cambio climático y de mitigación de sus efectos. Aunque en Europa la eficiencia de la producción de proteína animal es alta, a partir del análisis de las consecuencias que tendría aplicar una dieta saludable, Poux y Aubert (2018) propusieron para 2050 reducir un 50% el consumo de proteína animal (60% de reducción de carne de cerdo) para conseguir un sistema agroalimentario sostenible y reducir un 40% las emisiones de GEI. Otros estudios llegan a conclusiones similares en Estados Unidos (Pimentel et al., 2008), pero hay que hacer notar que no necesariamente se reducirá el consumo de energía y las emisiones de GEI debidos a la cadena alimentaria en Europa actuando sólo sobre la dieta si los esquemas productivos se mueven en un entorno global caracterizado por la balanza comercial y el flujo intercontinental de N.

En un contexto de economía circular debe tenderse a maximizar las eficiencias de todo el sistema y a recuperar los macronutrientes y micronutrientes de todos los efluentes residuales, así como energía de estos. En este contexto, el sector del tratamiento de efluentes residuales aparece como estratégico para la sostenibilidad del sistema alimentario. Sector en el que debería modificarse la nomenclatura y objetivos, pasando del concepto "tratamiento", que se identifica como método para reducir el impacto ambiental, al concepto de "procesado", que se identifica como método para producir un producto final con utilidad y valor económico, adoptando la estrategia tecnológica apropia-





da. En definitiva, un nuevo sector productivo con los objetivos de producir energía, recuperar nutrientes y reducir la dependencia de combustibles y materias primas fósiles. Entre los subproductos residuales, la gestión de las deyecciones ha de formar parte íntegra de la producción animal, tan primaria como la alimentación o el control sanitario, y estrechamente relacionada con estos.

En caso que se llegara a una recuperación significativa de recursos de las deyecciones, de los residuos orgánicos y de las aguas residuales, todavía sería necesario mejorar las eficiencias de la fertilización con estos productos, a través de prácticas de agricultura de precisión. Ya no sirve aplicar purines al campo para suponer que se reciclan los nutrientes, debe fertilizarse con purines, modificando sus características y dosificando cómo y cuándo la eficiencia de la fertilización sea máxima. La normativa al respecto debe obligar a actuar para conseguir unas altas cotas de eficiencia en la fertilización con deyecciones (Foged, 2019), lo cual implica procesarlas para aprovechar todo su potencial fertilizante. Introducir cultivos intermedios (catch crops) y rotaciones con leguminosas también aumenta

La gestión de los nutrientes está en el núcleo de las dificultades para conseguir la deseada circularidad y sostenibilidad del sistema alimentario europeo

la eficiencia global de la fertilización (Lassaletta et al., 2014b).

El biogás producido a partir de todos los efluentes residuales de la cadena alimentaria, y el biometano para su inyección a la red, o el hidrógeno renovable, tienen la ventaja de reducir emisiones de GEI, favorecer la aplicación de técnicas de recuperación de nutrientes y la posibilidad de producir fertilizantes nitrogenados sintéticos substituyendo al gas natural (Feliu y Flotats, 2020), pero debe actuarse para reducir la demanda de estos fertilizantes a fin de que estos recursos energéticos renovables puedan contribuir a aumentar

su aportación al sector alimentario, donde la penetración de la energía renovable todavía es baja (Monforti-Ferrario y Pinedo Pascua, 2015).

El sector ganadero y cárnico ha de repensarse, mediante planes estratégicos a largo plazo. No es suficiente disponer de certificados de sostenibilidad para la soja importada. Ha de ser capaz de adaptarse a demandas decrecientes de proteína animal mientras aumenta los costes de producción de ésta para asegurar que contribuye a la economía circular, a reducir sus emisiones contaminantes y a prácticas eficientes de fertilización, pero con la responsabilidad de ofrecer sus productos para contribuir a mitigar la pobreza alimentaria en el mundo. No deja de ser un conflicto que puede llegar a ser dramático en las zonas geográficas que dependen económicamente de la actividad, pero también un reto de futuro. Que la carne producida pueda etiquetarse con los datos de las emisiones ocasionadas por su producción puede llegar a ser un elemento de competitividad en el mercado mundial, si se ha actuado para reducirlas.

La gestión de los nutrientes está en el núcleo de las dificultades para con-



seguir la deseada circularidad y sostenibilidad del sistema alimentario europeo. Por ello, la estrategia *Farm to Fork* propone un plan integral de gestión de nutrientes (*Integrated Nutrient Management Action Plan*, INMAP), que se encuentra en fase de elaboración (EC, 2020). Este ha de poder informar sobre la actualización de sus balances y estimular el mercado de su recuperación y aprovechamiento, así como impulsar políticas de desarrollo e innovación para modificar esquemas productivos que permitan la optimización de su balance.

La circularidad a la que desea tender la economía europea a través de apuestas valientes y obligatorias para la supervivencia humana, como el Pacto Verde Europeo (Green Deal; EC, 2019) y específicamente su estrategia *Farm to Fork*, está lejos todavía de hacerse realidad, como se comprueba en la Figura 1. Con el Pacto Verde Europeo, se propone evolucionar hacia una economía limpia y circular, neutra en emisiones de GEI, y restaurar la biodiversidad, lo cual implica un impacto en el sistema alimentario global y nuevos retos (Triptolemos, 2021).

Pasar de una economía lineal, caracterizada por el crecimiento económico, a una de circular, que se intuye pero de la cual no hay experiencia, implica una transición durante la cual conviven nuevas tendencias con prácticas antiguas, con conflictos, paradojas e incertidumbres, por lo cual es importante definir objetivos a corto, medio y largo plazo, y metodología para revisión de los avances utilizando los indicadores adecuados, sabiendo que puede ser fácil equivocarse. De entre estos indicadores no debe olvidarse el balance de nutrientes y que la nueva economía ha de implicar el bienestar y el desarrollo humano. Conviene distinguir entre crecimiento y desarrollo, porque pese a existir límites al crecimiento no tiene por qué haber límites al desarrollo.

## REFERENCIAS

- Bartróli, J. (2003). *Avaluació ambiental del cicle del nitrogen a Catalunya: aplicació de l'anàlisi del flux de substàncies*. Tesis Doctoral. Universitat de Girona.
- Bartróli, J., Martín, M.J., Rigola, M. (2005). The nitrogen balance for Catalan agriculture soils and livestock sectors. *International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology* 4: 123-132.
- CESFAC (2019). España, líder europeo en la producción de piensos. Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales, 8 junio 2019. <https://cesfac.es/es/component/k2/item/11-espana-lider-europeo-en-la-produccion-de-piensos>
- EC (2001). Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants.
- EC (2019). The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM/2019/ 640 final, Bruselas, 11.12.2019.
- EC (2020). A new Circular Economy Action Plan, for a cleaner and more competitive Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM/2020/98 final, Bruselas, 11.3.2020.
- EUROSTAT (2021). Eurostat statistics explained. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>, Acceso: marzo 2021.
- FEFAC (2021). Food and Feed 2020. European Feed Manufacturers' Federation, enero 2021, [https://fefac.eu/wp-content/uploads/2021/03/FF\\_2020\\_Final.pdf](https://fefac.eu/wp-content/uploads/2021/03/FF_2020_Final.pdf).
- Feliu, A., Flotats, X. (2020). Los gases renovables. Un vector energético emergente. Publicaciones de la Fundación Naturgy, Madrid.
- 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).
- Giuntoli, J., Agostini, A., Edwards, R., Marelli, L. (2017). Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions. Calculated according to the methodology set in COM(2016) 767, Version 2. JRC Science and Policy Reports, European Commission, Report EUR 27215.
- IPCC (2019). Climate Change and Land. Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. <https://www.ipcc.ch/srcccl/>.
- Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Garnier, J., Leach, A.M., Galloway, J.N. (2014a). Food and feed trade as a driver in the global nitrogen cycle: 50-year trends. *Biogeochemistry* 118: 225–241.
- Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J., Garnier, J. (2014b). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. *Environmental Research Letters* 9: 105011–20.
- Molina, C. (2021). China ya compra tanto cerdo blanco a España como los 27 países de la UE juntos. *El País Economía*, 22 marzo 2021. [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/03/19/companias/1616164524\\_323843.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/03/19/companias/1616164524_323843.html)
- Monforti-Ferrario, F., Pinedo Pascua, I. (2015). Energy use in the EU food sector: State of play and opportunities for improvement. JRC Science and Policy Report EUR 27247 EN. Publications Office of the European Union.
- Peyraud, J.L., MacLeod, M. (2020). Future of EU livestock: how to contribute to a sustainable agricultural sector? European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg, July 2020.
- Pierera, M., Schröcka, A., Winiwarterb, W. (2015). Analyzing consumer-related nitrogen flows: A case study on food and material use in Austria. *Resources, Conservation and Recycling* 101: 203–211.
- Pimentel, D., Williamson, S., Alexander, C. E., Gonzalez-Pagan, O., Kontak, C., Mulkey, S. E. (2008). Reducing energy inputs in the US food system. *Human Ecology* 36: 459-471.
- Poux, X., Aubert, P. M. (2018). An agroecological Europe in 2050: multifunctional agriculture for healthy eating. Findings from the Ten Years For Agroecology (TYFA) modelling exercise. Study (Paris: Iddri-ASCA), núm. 09/18.
- Smil, V. (2011). Nitrogen cycle and world food production. *World Agriculture* 2: 9-13.
- Triptolemos (2021). Informe sobre el impacto del Green Deal desde un enfoque de sistema alimentario sostenible. Fundación Triptolemos, diciembre 2021. <https://www.triptolemos.org/wp-content/uploads/2021/12/INFORME-TRIPTOLEMOS-IMPACTO-GREEN-DEAL.pdf> ●