

SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN GANADERA

Manuel Lainez Andrés

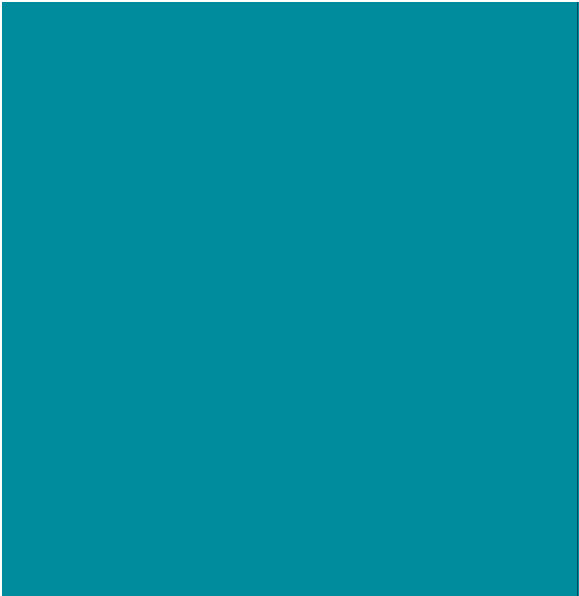
Salvador Calvet Sanz

Fernando Estellés

Coordinadores

43

M o n o g r a f í a s



Sostenibilidad en la producción ganadera

© 2021 Texto: autores
© 2021 Edición: Cajamar Caja Rural
© 2021 Imágenes (excepto mención expresa): Getty Images

Manuel Lainez Andrés | Grupo Cooperativo Cajamar
Salvador Calvet Sanz | Universitat Politècnica de València
Fernando Estellés | Universitat Politècnica de València

MAQUETA
Beatriz Martínez Belmonte | Plataforma Tierra (plataformatierra.es)

ISBN-13: 978-84-95531-63-6
Depósito legal: AL 3680-2021
Imprime: Gráficas Piquer
Fecha de publicación: enero de 2022

Impreso en España / *Printed in Spain*

Cajamar Caja Rural no se responsabiliza de la información y opiniones contenidas en esta publicación, siendo responsabilidad exclusiva del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.
© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso repográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente, imprenta, fotocopia, microfilm, offset o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del Copyright.





SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN GANADERA

Manuel Lainez Andrés

Grupo Cooperativo Cajamar

Salvador Calvet Sanz

Universitat Politècnica de València

Fernando Estellés

Universitat Politècnica de València



M o n o g r a f í a s

.



Índice

Presentación	7
---------------------	----------

Introducción	11
---------------------	-----------

Parte I

Capítulo 1. El análisis del ciclo de vida en las actividades ganaderas <i>Agustín del Prado, Guillermo Pardo, Inmaculada Batalla y Pablo Manzano</i>	19
Capítulo 2. Alimentación animal y sostenibilidad <i>David Yáñez-Ruiz y Alba Cerisuelo</i>	39
Capítulo 3. Manejo del ganado y sostenibilidad <i>Pol Llonch, Oscar González-Recio y Cipriano Díaz</i>	55
Capítulo 4. Manejo de estiércol y purines y sostenibilidad <i>Pilar Merino y Arturo Daudén</i>	67
Capítulo 5. Ganadería extensiva y servicios ambientales <i>Tamara Rodríguez Ortega</i>	81
Capítulo 6. El secuestro de carbono en los sistemas ganaderos, sus oportunidades y desafíos <i>Marta A. Alfaro y Jaime Mejías</i>	97
Capítulo 7. La huella ambiental de producto <i>Assumpció Antón</i>	117

Parte II

Capítulo 8. Mejoras en sostenibilidad en el sector porcino <i>Gema Montalvo Bermejo, Mariano Herrero y Carlos Piñeiro Noguera</i>	135
Capítulo 9. Resultados del proyecto Life Beef Carbon <i>Paula Martínez, Lucía T. Díez Córdova y Matilde Moro</i>	153
Capítulo 10. La sostenibilidad del vacuno de leche en Galicia y en la cornisa cantábrica <i>M. D. Báez Bernal, M. I. García Pomar, A. Botana Fernández, J. F. Castro Insua, G. Salcedo Díaz, C. Santiago Andión, C. Resch Zafra y G. Flores Calvete</i>	167
Capítulo 11. La sostenibilidad en la ganadería española <i>M.^a Paz Lavín González, Ángel Ruiz Mantecón, José María Bello Dronza y Teresa Manso Alonso</i>	193



Capítulo 12. La ganadería de precisión como estrategia para mejorar la productividad y sostenibilidad en el caprino lechero <i>Alejandro Belanche y Javier Fernández-Álvarez</i>	209
Capítulo 13. Análisis del impacto ambiental de la producción ganadera extensiva y ecológica en la dehesa extremeña <i>Andrés Horrillo, Paula Gaspar y Miguel Escribano</i>	225
Capítulo 14. Hacia una ganadería intensiva más sostenible <i>Jordi Domingo y Eduardo De Miguel</i>	243
Capítulo 15. Una planta de biogás <i>Verónica Moset y Antonio Moset</i>	257
Capítulo 16. El secado solar, una tecnología consolidada y sostenible para la valorización de las deyecciones ganaderas <i>Francesc X. Prenafeta Boldú, Lluís Morey, Víctor Riau y Belén Fernández, Joan Soler y Josep Illa</i>	267
Capítulo 17. Avicultura alternativa y sostenibilidad <i>José Carlos Terraz</i>	281
Capítulo 18. Apicultura y sostenibilidad en Canarias <i>Antonio Quesada</i>	297



Presentación

Roberto García Torrente

Director de Desarrollo Sostenible del Grupo Cooperativo Cajamar

El continuo y acelerado crecimiento de la población mundial ha provocado que el número de habitantes del planeta haya pasado de los poco más de 3.000 millones de personas del año 1960, a los más de 6.100 millones en 2000 y los 7.772 millones que se alcanzaron en 2020, según el Banco Mundial.

Este incremento de la población ha ido acompañado de un aumento mucho más que proporcional de los bienes y servicios que consumimos, lo cual ha sido posible gracias al desarrollo de toda una serie de tecnologías que ha permitido acelerar los procesos de producción y fabricación. Además, la optimización de estos procesos y la mejora generalizada de la capacidad de compra de amplios sectores de la población han llevado a que el consumo per cápita sea actualmente muy superior al que teníamos hace unas pocas décadas.

Muchas de esas tecnologías estaban basadas en los combustibles fósiles, bien porque se han utilizado como la principal fuente de energía para impulsar todas las actividades productivas, o bien porque han permitido la creación de nuevos insumos empleados en la fabricación de nuevos productos. Este sería el caso de los fertilizantes nitrogenados o los polímeros empleados para la fabricación de una amplia diversidad de materiales plásticos.

Por otra parte, en muchas actividades productivas se generaban residuos que se vertían al entorno sin ningún tipo de tratamiento, suponiendo un problema ambiental cada vez mayor.

Todo lo anterior ha tenido aspectos positivos para el desarrollo de la sociedad y la mejora de la calidad de vida, pero también está teniendo repercusiones negativas sobre el planeta. Entre ellas:

El incremento de la emisión de gases efecto invernadero está provocando un **cambio climático** que altera la secuencia habitual de los fenómenos meteorológicos. Aumenta la frecuencia de periodos de sequías o inundaciones, se está acelerando el incremento de la temperatura media de la Tierra, etc.

Se está produciendo una **sobreexplotación de los recursos naturales**, ya que el ritmo de consumo es muy superior a la tasa de regeneración.

La mayor presión humana sobre los espacios naturales conlleva una **pérdida de la biodiversidad**.

Y, según la FAO, la explosión demográfica está afectando a los fundamentos de la **seguridad alimentaria** en términos de su disponibilidad, estabilidad, acceso y consumo.



La magnitud del reto al que nos enfrentamos, y las consecuencias que tendrían no adoptar ninguna medida correctiva y continuar con los modelos productivos actuales, son muy relevantes. Debemos tratar de revertir el proceso de deterioro actual y poner a punto nuevas tecnologías, con un enfoque más circular y sostenible, que nos permitan mantener unos elevados niveles de bienestar sin poner en peligro la estabilidad del planeta.

En este sentido, la Unión Europea se ha propuesto como objetivo liderar globalmente el movimiento para transformar nuestro modelo económico. Para ello se ha planteado como objetivo ser el primer continente climáticamente neutro en 2050, y ha ido publicando una serie de estrategias y propuestas para transformar nuestra economía. El documento marco que guía toda esta transformación es el Pacto Verde Europeo, cuenta con un tercio de los 1,8 billones de euros de inversiones del plan de recuperación 'NextGenerationEU' y del presupuesto para siete años de la UE.

Dentro de las distintas iniciativas puestas en marcha, hay dos que afectan directamente a la producción de alimentos: la Estrategia 'De la Granja a la Mesa' y la de Biodiversidad.

Sin lugar a dudas, el sector agroalimentario tiene un papel clave que jugar en el proceso de descarbonización, ya que supone una parte muy relevante en la emisión de los gases de efecto invernadero, y porque tiene una alta capacidad de fijación de CO₂ mediante el proceso de fotosíntesis que se realiza en una parte muy significativa de la superficie terrestre. Asimismo, no podemos olvidarnos de que por el momento proporciona unos bienes imprescindibles para la humanidad, como son los alimentos, que no pueden ser obtenidos mediante procesos de síntesis alternativos.

A través de las iniciativas señaladas, la UE estableció unos objetivos de reducción de la cantidad de fertilizantes, fitosanitarios y antibióticos utilizados y un aumento en la superficie dedicada a sistemas de producción ecológicos. Y para poder alcanzarlos se está poniendo a punto toda una serie de tecnologías, como la agricultura de precisión, el control integrado de plagas, el uso de nuevos bioproductos, etc.

En todo este cambio de paradigma, la ganadería es vista muchas veces como una actividad que genera la mayor proporción de los gases de efecto invernadero del sector agroalimentario. Y además, genera contaminación tanto del aire como en el suelo y el agua, por un mal manejo de los animales y de sus deyecciones.

Sin eludir la responsabilidad que pueda tener el sector en determinadas explotaciones y con determinadas prácticas, hay que reconocer que el cambio de tendencia en la gestión de aquellas se inició hace años, sobre todo por la presión normativa de la sociedad, y por la que se están mejorando continuamente los sistemas de producción para reducir su impacto e introducirlo en un modelo circular integrado con la producción agrícola.

Hay que recordar que históricamente ha existido una simbiosis entre agricultura y ganadería. Mientras que los restos vegetales y el desperdicio generado servían como alimentación para el ganado, que permitía mejorar la base nutritiva y los ingresos económicos de las familias campesinas, los excrementos de los animales permitían enriquecer los suelos agrícolas y mejorar sus rendimientos.



Esta combinación se ha mantenido durante milenios en explotaciones que se han denominado 'agropecuarias', por integrar bajo la misma gestión la producción agrícola y ganadera. La separación entre estas dos orientaciones solo ha tenido lugar en las últimas décadas, cuando la especialización de los agricultores los llevó a dedicarse a una sola orientación productiva. Y también porque el desarrollo de los fertilizantes químicos de síntesis redujo el interés de la ganadería como generadora de nutrientes para los cultivos.

La cría de ganado permitió durante muchos siglos mejorar los rendimientos agrícolas. Pero también jugó un papel muy importante para mejorar el estado nutricional de las personas y mejorar su capacidad física e intelectual.

Todo ese desarrollo, que en las sociedades más avanzadas ha tenido lugar a lo largo de muchos años, se está produciendo de manera acelerada en los países con niveles de ingresos medios y bajos. Lo que está provocando una fuerte demanda global de productos cárnicos, que contrasta con la ligera reducción de los países más ricos.

De esta forma, se está segmentando cada vez más la demanda de productos ganaderos. Por un lado, los consumidores con mayor poder adquisitivo se orientan hacia productos procedentes de sistemas de explotación más extensivos, con especies de crecimiento lento y mayor calidad organoléptica, y por los que están dispuestos a pagar un mayor precio. Mientras que los segmentos de población de ingresos bajos están muy condicionados por el precio y buscan productos de origen más intensivo, pero que reúnen una adecuada calidad sanitaria y nutritiva.

Para cualquiera que sea el modelo de producción, la sostenibilidad es cada vez más un factor de preocupación y de ocupación de un número muy relevante de personas. Tanto en el ámbito directo de la producción ganadera y de la industria cárnica con ella relacionada, como desde los ámbitos de la Administración pública, los centros de investigación y de formación, las empresas auxiliares y los técnicos que asesoran a los diferentes agentes del sector. Entre todos se está desarrollando una intensa actividad de investigación, de generación de nuevas prácticas culturales y de transferencia de todo el conocimiento obtenido hacia los usuarios finales del mismo, con objeto de tender cada vez más hacia un modelo circular de producción.

Como contribución al debate en el que se encuentra la sociedad actual, desde Cajamar Caja Rural hemos considerado que era importante recopilar en una obra como esta parte del trabajo que se está realizando en España para aportar herramientas que ayuden a acelerar el proceso hacia la sostenibilidad de la ganadería. Pero también para dar a conocer a las personas más ajenas al sector el gran esfuerzo que ya se ha realizado.

Para la elaboración de esta monografía hemos contado con la inestimable colaboración de tres grandes expertos en el sector. **Manuel Lainez Andrés** es un colaborador permanente de nuestra entidad, con una elevada capacidad profesional y una gran implicación personal en todos los proyectos que aborda. Junto a él han participado en la coordinación los profesores de la Universitat Politècnica de València **Salvador Calvet Sanz** y **Fernando Estellés Barber**, con los que ya habíamos compartido diversos seminarios previos dedicados al sector ganadero, y de cuyos conocimientos y pasión por seguir avanzando en la sostenibilidad del mismo volvemos a disfrutar ahora.



Los tres son los grandes responsables de haber reunido en esta obra a 49 especialistas que han sido capaces de abordar la temática propuesta con un enfoque integral, complementando la perspectiva conceptual, que analiza los distintos componentes a tener en cuenta para evaluar el impacto ambiental de la ganadería, con otra perspectiva más práctica, que pone de manifiesto las diferentes iniciativas que se están desarrollando para las distintas especies ganaderas con objeto de mejorar la sostenibilidad ambiental, a la vez que se asegura la rentabilidad de las explotaciones.

A todos ellos nos gustaría mostrarles nuestro más sincero agradecimiento por haber aceptado el reto planteado y por la gran calidad de los trabajos desarrollados.

Somos conscientes de que estamos ante una cuestión sometida a muchos enfoques y puntos de vista, y totalmente dinámica, que irá evolucionando con el tiempo y con los nuevos desarrollos tecnológicos que nos permitirán seguir avanzando en la línea de la sostenibilidad.

Y también de que siempre hemos de considerar y buscar el equilibrio entre el enfoque ambiental, social y económico.



Introducción

*Manuel Lainez Andrés, Salvador Calvet Sanz
y Fernando Estellés*
Coordinadores

La palabra sostenibilidad ha pasado, en pocos años, de ser empleada en círculos muy restringidos a utilizarse con profusión en los medios de comunicación y en nuestras conversaciones. Se aplica en todos los ámbitos de la sociedad, como lo refleja el hecho de que hasta la ONU ha establecido los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. En el sistema alimentario, y especialmente en la cadena de valor de los productos de origen animal, es habitual en todos los eslabones del proceso. Por este motivo, cuando Cajamar nos solicitó coordinar un trabajo sobre la sostenibilidad en la producción ganadera nos sentimos muy honrados y aceptamos con satisfacción el reto. Éramos conscientes de que en nuestro entorno contamos con grandes profesionales especializados en este campo.

La sostenibilidad, en su sentido más universal, como ya reconocía la ONU en 2005, es un concepto multidimensional que incorpora tres elementos fundamentales: la búsqueda de la equidad social, la creación del bienestar humano (a menudo presentado como una dimensión económica) y el mantenimiento de la integridad ambiental. La perspectiva ambiental empezó a tenerse en consideración a partir de la Cumbre de esa organización de Río de 1992, en la que se asociaba la sostenibilidad a la utilización actual de los recursos naturales con la seguridad de su disponibilidad y el acceso a los mismos por las futuras generaciones.

Nuestra sociedad ha incorporado como propios esos principios inspiradores de la Conferencia de Río. El Eurobarómetro de 2017 mostraba como el 94 % de los ciudadanos europeos consideraban importante la protección del medioambiente; entre ellos, un 56 % lo valoraban como muy importante. Les preocupa mucho el cambio climático, la contaminación atmosférica o los residuos que generamos. Una encuesta reciente del Instituto El Cano, realizada en abril de 2019 en España, mostraba que el 37 % de los consultados consideraban el cambio climático como la mayor amenaza a la que se enfrenta el mundo. Si sumamos el porcentaje de encuestados que la veían como la segunda amenaza, la proporción supera el 50 %.

En la producción de alimentos, la sostenibilidad tiene un elemento diferencial que hemos de considerar. Como sociedad debemos dar respuesta al desafío del incremento de la población mundial a lo largo de todo este siglo. Tenemos el reto de suministrar alimentos en la cantidad y calidad suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales de toda la población. Y, además, hacerlo en un contexto de cambio climático y de limitación de disponibilidad de recursos naturales.



Los consumidores de alimentos europeos también han reaccionado a toda la información que les llega. En el último Eurobarómetro de 2020 manifestaban preocupación por dos aspectos, más allá de su precio y su calidad; son la garantía de que van a proteger su salud, e incluso la van a mejorar, y la sostenibilidad con la que han sido producidos.

Las administraciones han percibido la preocupación por la sostenibilidad y la han incorporado en sus políticas internacionales, como hemos visto con los ODS de las NNUU, pero también en el ámbito europeo. En lo que se refiere a la producción de alimentos, la Unión Europea viene desarrollando un conjunto de políticas que tienen su origen en ese objetivo general: cambio climático, economía circular, protección del medioambiente e incluso la política agrícola común.

El Green Deal, como última propuesta política de la Comisión Europea, refrendada por la gran mayoría de los Estados miembros, apuesta por la neutralidad climática para 2050, así como por el desarrollo de una economía limpia y circular. De esta política cuelgan la Estrategia 'De la Granja a la Mesa' y la de Biodiversidad o la economía circular. Todas ellas prevén como objetivos asegurar la producción primaria sostenible, estimular las prácticas con bajo impacto ambiental en el resto de la cadena, con una especial atención a la eficiencia energética, y la promoción del consumo responsable incorporando un sistema de etiquetado. Todo ello afecta a la producción ganadera y entra dentro del concepto de la sostenibilidad.

En este contexto social, político y económico hemos abordado la sostenibilidad en la producción ganadera. Los productos de origen animal son un elemento esencial en la dieta de toda la humanidad y, por supuesto, de los consumidores europeos y españoles. Para abastecer esas necesidades, la ganadería ha ido evolucionando en todo el mundo. Lo ha hecho mucho más rápido en los países desarrollados, donde se han incorporado tecnologías para mejorar la eficiencia productiva en todos los procesos y a lo largo de toda la cadena de valor.

Esta monografía se va a centrar en la sostenibilidad de la obtención de productos de origen animal, pero poniendo el foco en lo que está ocurriendo en las instalaciones ganaderas, refiriéndonos específicamente a la realidad española.

A principios de 2021, y de acuerdo con el SITRAN del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, había 507.020 explotaciones ganaderas activas en España, de las que 368.359 eran de producción y reproducción, y 138.661 se clasificaban dentro del grupo de especiales. En este último se integran diferentes especies animales como el porcino, el vacuno, las aves, el ovino, el caprino o los conejos, e incluso, hasta las abejas. También incorpora diferentes sistemas productivos, desde aquellos que mantienen a los animales en sistemas totalmente abiertos y extensivos, hasta otros en los que el ganado se mantiene confinado.

El valor económico de la producción ganadera fue de 20.232,6 millones de euros en 2020 (MAPA, 2021), lo que representaba el 38,2 % del total de la producción agraria. Esta actividad es la base para cerca de 7.000 empresas alimentarias, que suministran alimentos a los consumidores españoles, y que son el segundo gran sector exportador agroalimentario español. Además, esta actividad se desarrolla, mayoritariamente, en nuestro medio rural, y especialmente en zonas consideradas en riesgo de despoblamiento.



Para abordar la sostenibilidad de este gran sector de la economía española hemos querido hacerlo desde dos perspectivas: una más conceptual y otra más aplicada. La primera pretende describir el concepto de sostenibilidad ambiental y revisar su situación en nuestro país. Para ello nos hemos apoyado en especialistas reconocidos en el ámbito nacional e internacional, y que aportan su visión, desde la academia, de los puntos clave que condicionan la sostenibilidad en la producción. La segunda quiere recoger ejemplos prácticos de cómo se está trabajando en España para hacer posible avanzar en esa sostenibilidad. Este ejercicio de comunicación lo han realizado los propios implicados, técnicos y productores que conocen de buena mano la realidad en España y que describen actuaciones de éxito en pro de la sostenibilidad.

A la hora de abordar los conceptos básicos hemos querido comenzar por la visión más completa de la evaluación del impacto de las explotaciones, que es el análisis de ciclo de vida (ACV). Este tipo de estudio aborda todas las fases de la producción tanto dentro como fuera de las explotaciones y es el germen de evaluaciones más concretas como es la huella de carbono o la huella hídrica. El ACV es la herramienta más efectiva para poder analizar el impacto real de un producto y desarrollar estrategias para su mitigación, puesto que permite analizar el impacto de la cadena de valor completa, incluyendo impactos que, en muchas ocasiones, no se consideran por producirse fuera del ámbito local o regional. Todo ello se recoge en el **Capítulo 1** de la publicación, para el que contamos con **Agustín del Prado, Guillermo Pardo, Inmaculada Batalla y Pablo Manzano**.

A partir de esta visión global, hemos entrado al detalle de las operaciones más relevantes que contribuyen al impacto medioambiental en el **Capítulo 2**, elaborado por **David Yáñez-Ruiz y Alba Cerisuelo**, y que son, por tanto, las palancas clave para la sostenibilidad ambiental de la ganadería. Así, la fase más relevante a escala global es la alimentación del ganado. La producción de los alimentos para el ganado implica un consumo muy importante de recursos (suelo, agua, fertilizantes, etc.), además de presentar impactos secundarios por cambios de uso de la tierra (p. ej.: la deforestación de ciertas áreas para producir cultivos destinados a la alimentación animal). Además, es bien sabido que la composición de la dieta tiene un impacto fundamental sobre las emisiones de metano (CH_4) en los rumiantes. Pero además, tanto en rumiantes como en monogástricos, también es un aspecto clave en lo que respecta a la excreta de nutrientes, como el nitrógeno, que es precursor de contaminantes tanto atmosféricos (NH_3 y N_2O) como acuáticos (NO_2^- y NO_3^-). Un buen manejo de la alimentación del ganado, tanto en lo referente al origen de las materias primas, la formulación de las dietas e incluso la presentación y gestión del alimento es clave para asegurar una producción sostenible.

En la propia granja, el manejo de los animales y de las instalaciones donde se encuentran desempeña un papel esencial en la productividad de la granja y su capacidad de adaptación, y este tema se abordará en el **Capítulo 3** desarrollado por **Pol Llonch, Oscar González-Recio y Cipriano Díaz**. Existe un conjunto de prácticas que permite preservar la salud y el bienestar de los animales tanto por cuestiones éticas como por aspectos productivos y ambientales. Para ello, el concepto *One Health* es fundamental, pues considera de forma conjunta la salud humana, la animal y la de los ecosistemas. La mejora genética animal tiene un gran potencial para aumentar la capacidad productiva y adaptativa de los animales. Las instalaciones, por su parte, ayudan a que el animal desarrolle su potencial productivo favoreciendo un ambiente adecuado a través de la climatización. La alimentación influye en el bienestar de los animales, pudiendo ocasionar problemas si no se presenta de la forma adecuada. Por otra parte, existen medidas de eficiencia productiva como optimizar la reproducción o la longevidad funcional del animal en la granja, que contribuyen además a su competitividad.



En el **Capítulo 4**, **Pilar Merino** y **Arturo Daudén** abordan la siguiente de las operaciones consideradas en el proceso de producción, que es la que hace referencia a la gestión de las deyecciones. Probablemente este sea el concepto que más frecuentemente se relaciona con la sostenibilidad o el impacto ambiental de la producción ganadera. Las deyecciones ganaderas son muy ricas en materia orgánica y nutrientes, con una alta disponibilidad para convertirse en contaminantes para el agua, el suelo y la atmósfera. Pero, a su vez, estos nutrientes y esta materia orgánica presentan unas características excelentes como fertilizante para los cultivos.

Tradicionalmente, se han utilizado las deyecciones ganaderas como enmienda en los cultivos, pero la especialización de las producciones ganadera y agrícola ha llevado, en muchos casos, a un desacoplamiento de ambos sistemas. Así, la ganadería se ha concentrado en determinadas zonas, con menor demanda por parte de los cultivos, generando desbalances entre la oferta y la demanda que han ocasionado problemas diversos. Además, la proliferación del empleo de fertilizantes sintéticos (con mayor facilidad de uso y, en ocasiones, menor coste) ha desplazado a los fertilizantes orgánicos, incrementando el problema para la gestión de los mismos.

En este contexto, la capacidad de almacenamiento de las deyecciones en las explotaciones ha tenido que incrementarse, aumentando el riesgo de provocar contaminantes. También se han producido aplicaciones excesivas en determinadas zonas que han llevado a la contaminación de suelos y aguas. De este modo, la gestión de las deyecciones se presenta como otro de los puntos clave, no solo para reducir el impacto, sino para asegurar el reciclaje de nutrientes y fomentar la economía circular.

Una vez analizados los aspectos directamente relacionados con la propia granja, en el **Capítulo 5**, desarrollado por **Tamara Rodríguez Ortega**, se abordan aquellas externalidades positivas de la producción ganadera, en particular la extensiva. Además de su papel productor de alimentos que da el valor económico a estas producciones, existen una serie de servicios a los ecosistemas entre los que se encuentran la regulación de ecosistemas, culturales o de apoyo a la actividad en el medio rural. Una vez analizados estos distintos servicios, profundizaremos en algunos de los más relevantes.

Uno de los servicios ecosistémicos más relevantes, especialmente en la ganadería extensiva, es que favorece el secuestro de carbono. Los pastos correctamente gestionados pueden almacenar un nivel de carbono comparable al de las masas forestales. **Marta A. Alfaro** y **Jaime Mejías**, en el **Capítulo 6**, profundizan en los factores que afectan a esta capacidad de sumidero, destacando en todo caso su carácter dinámico, limitado en cuanto a capacidad de secuestro y reversible. La preservación de la biodiversidad es otro servicio ecosistémico esencial de las producciones ganaderas más extensivas.

El **Capítulo 7**, desarrollado por **Assumpció Antón**, y como último eslabón en esta cadena será la comunicación al consumidor a través del etiquetado de los productos utilizando la denominada «huella ambiental de producto». Es un procedimiento, muy relacionado con el análisis de ciclo de vida en cuanto a su metodología y clases de impacto ambiental. El desarrollo de la huella ambiental de producto está sujeto a normas que lo estandarizan y consideran un «modelo» de producto representativo en el mercado, a partir del cual se analizan sus impactos. Su implementación en los próximos años será determinante para el sector productivo en términos de competitividad y se espera que permita poner en marcha políticas en el ámbito agroalimentario.



La segunda parte de esta monografía recoge una serie de casos prácticos de estudio en diferentes sectores productivos. El sistema productivo español cuenta con una gran cantidad de iniciativas encaminadas a favorecer la sostenibilidad ambiental de las granjas y los casos de estudio recogidos aquí pretenden ser muestra de ello. Así, los veremos en distintos sectores como el porcino (intensivo y extensivo), el vacuno de carne y de leche, el ovino y caprino, la avicultura o la apicultura. Su inclusión en esta monografía debería servir para mostrar a todo el sector productivo que se puede y se debe trabajar para mejorar la sostenibilidad ambiental de la ganadería sin comprometer la viabilidad de la producción.

El primero de los ejemplos se verá en el **Capítulo 8**, donde **Gema Montalvo, Mariano Herrero y Carlos Piñeiro Noguera** se centran en describir la evolución de la sostenibilidad en el sector porcino español, con referencias generales a algunas de las tecnologías que se han introducido en el sector en los últimos años y las consecuencias sobre el conjunto de los impactos. Se hace mención al empleo de materias primas y al uso de la energía y del agua. También se describe la evolución de las emisiones asociadas al manejo de purín en las instalaciones, en el almacenamiento y en la aplicación como fertilizante, así como en los tratamientos que se pueden realizar.

En el **Capítulo 9**, **Paula Martínez, Lucía T. Díez Córdova y Matilde Moro** explican como se ha gestado y desarrollado el proyecto Life Beef Carbon en un conjunto de explotaciones pertenecientes al sector vacuno de carne, así como los impactos que los resultados pueden tener en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Se muestra la cuantificación del impacto sobre la mitigación del cambio climático de determinadas prácticas aplicables en las explotaciones de vacas nodrizas y en las de engorde.

El vacuno lechero es un sector particularmente importante en la cornisa cantábrica. En los últimos años se han estado desarrollando varios proyectos de investigación para conocer la sostenibilidad económica, ambiental y social de los sistemas productivos en ese entorno. Los resultados y la aproximación integral y territorial lo abordan **Báez Bernal et al.** en el **Capítulo 10**, donde se analizan los distintos factores que condicionan la sostenibilidad de la producción lechera en el futuro, justificando las necesidad de mantener esta actividad.

En los últimos años, la economía circular surge con fuerza en todas las actividades económicas, para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos naturales y alargar su vida útil en el ciclo económico. Esa aproximación circular a la actividad ganadera se demuestra en la producción de ovino lechero. En el **Capítulo 11**, **M.^a Paz Lavín González, Ángel Ruiz Mantecón, José María Bello Dronda y Teresa Manso Alonso** analizan el conjunto del proceso productivo, los ingredientes necesarios y los productos y subproductos resultantes así como los procedimientos para retornarlos a la economía, en el contexto de las áreas rurales.

Una de las vías para avanzar en la sostenibilidad es la utilización de la ganadería de precisión, al garantizar la utilización de los insumos en el momento y la cantidad que garantizan la máxima productividad y eficiencia. La aplicación de esta tecnología en una asociación de caprino lechero y la forma en la que los ganaderos pueden utilizar la información derivada de los datos que recogen lo muestran **Alejandro Belanche y Javier Fernández-Álvarez** en el **Capítulo 12**. Es el resultado de un proyecto de innovación basado en la colaboración público-privada.



Los sistemas tradicionales de manejo del ganado en nuestras condiciones de producción generan importantes valores añadidos en los ecosistemas. Si, además, ese manejo se realiza bajo los criterios de la certificación ecológica puede llegar a tener efectos ambientales positivos desde el punto de vista de la huella de carbono, tal y como se demuestra en un trabajo que se presenta en el **Capítulo 13** abordado por **Andrés Horrillo, Paula Gaspar y Miguel Escribano**. En él se hace referencia al análisis del ciclo de vida realizado en un conjunto de instalaciones ganaderas de vacuno y ovino de carne, caprino de leche y porcino manejadas en régimen extensivo y que operan en la dehesa extremeña.

La conservación de la biodiversidad es otro de los valores que incorporan los sistemas de producción ganadera, tal y como se demuestra en otro trabajo derivado de un conjunto de proyectos de innovación. En el **Capítulo 14**, **Jordi Domingo y Eduardo De Miguel** describen determinadas prácticas de manejo de la base genética, de los pastos permanentes, de los nutrientes y la alimentación, del control de plagas y enfermedades, vegetales y animales, de los sistemas aprovechamiento de forrajes y de la gestión del ganado y el pastoreo. Todo ello para avanzar hacia la sostenibilidad de la actividad ganadera y, a la vez, facilitando su adaptación al cambio climático.

Dinamarca ha sido uno de los países pioneros en el uso del biogás como una tecnología para el tratamiento de estiércoles y purines, generando energía y estabilizando estos residuos para su empleo como enmienda orgánica. Su éxito obedece a decisiones estratégicas adoptadas por las administraciones danesas en el ámbito energético, tal y como se explica en el **Capítulo 15** de esta monografía y que ha sido desarrollado por **Verónica Moset y Antonio Moset**.

En nuestro país disponemos de sol y altas temperaturas en la mayor parte de nuestro territorio. Este es el punto de partida del **Capítulo 16** en el que **Francesc X. Prenafeta Boldú et al.** describen como se está desarrollando una tecnología para gestionar purines y estiércoles basada en esos principios. Los fundamentos científicos y técnicos están puestos, como se demuestra en este contenido, por lo que queda aterrizar un desarrollo innovador que posibilite su utilización.

La avicultura alternativa es una opción para promover la sostenibilidad en este sector. En nuestro país este tipo de producciones llevan intentando abrirse camino en los últimos años. Sin embargo, tal y como se nos muestra en el **Capítulo 17**, desarrollado por **José Carlos Terraz**, esta opción todavía no es una alternativa demasiado extendida, a pesar de que debería haber logrado su objetivo por el interés económico, social y ambiental.

El último caso de estudio lo aborda **Antonio Quesada** en el **Capítulo 18**. Se trata de la apicultura en una región, Canarias, en la que la obtención de miel era una práctica habitual de los aborígenes de las Islas. Se trata de una práctica ambientalmente sostenible, aunque requiere de un trabajo específico, como se describe por el autor. No obstante, también se enfrenta a algunos condicionantes que tienen como consecuencia un desarrollo limitado.



Parte I



El análisis del ciclo de vida en las actividades ganaderas

*Agustín del Prado, Guillermo Pardo, Inmaculada Batalla
y Pablo Manzano*
BC3-País Vasco

Resumen / Abstract

La ganadería se ha desarrollado principalmente en respuesta a incentivos económicos. En la actualidad, además, ha de atender a demandas sociales y ecológicas. Es necesario, por tanto, encontrar sistemas más sostenibles que puedan equilibrar tanto las presiones socioeconómicas como las ecológicas. Una de las metodologías más extendidas para el análisis de la sostenibilidad medioambiental de productos y servicios es el análisis de ciclo de vida (ACV). En este artículo repasaremos los principios generales de dicha metodología ACV aplicada a la producción ganadera. Para ello, primero, se van a describir, de forma básica y aplicado a la ganadería, las fases que comprenden el ACV y que son: 1) definición del objetivo y alcance del estudio; 2) inventario de ciclo de vida; 3) evaluación del impacto y 4) interpretación de resultados. Posteriormente, explicaremos los matices alrededor de los diferentes indicadores utilizados en el ACV para el estudio del impacto de la ganadería sobre los recursos hídricos y finalmente, en una última sección, hablaremos de los diferentes estudios del ACV que se han publicado en España en relación a la huella de Carbono (HC) de producción ganadera.

Farming has evolved mainly in response to economic drivers but additionally is now being given sociological and ecological goals. There is a need to balance these socio-economic and ecological pressures in the form of more sustainable systems. One of the most widespread methodologies for analyzing the environmental sustainability of products and services is the Life Cycle Analysis (LCA). In this article we review the general principles of the LCA methodology applied to livestock production. To do this, first, we describe, in a basic way and applied to livestock, the phases that comprise the life cycle analysis: (i) Definition of the objective and scope of the study, (ii) life cycle inventory, (ii) evaluation of the impact and (iv) interpretation of results. Later, we will explain the nuances around the different indicators used in life cycle analysis to study the impact of livestock on water resources. We have a final section where we talk about the different life cycle analysis studies that have been published in Spain in relation to the Carbon footprint (HC) of livestock.



1. Introducción

La producción ganadera tiene un impacto importante en el medioambiente. La FAO (2006), en su informe *La larga sombra del Ganado* hizo por primera vez una evaluación global sobre los impactos directos e indirectos (por ej. impactos del cultivo de forrajes) de la producción ganadera. Entre dichos impactos medioambientales que evidenció este estudio estaban: la degradación de la tierra, el cambio climático y la contaminación del aire, la escasez y la contaminación del agua, y la pérdida de la biodiversidad.

Este trabajo utilizó la aproximación del análisis de ciclo de vida (ACV) como marco metodológico de estudio. Aunque existen otros, los ACV se han erigido en las últimas décadas como la aproximación más utilizada para analizar los impactos medioambientales de la ganadería, pero también nos permiten explorar las medidas de mitigación de estos (por ej. en vacuno de leche¹) y nos ayuda a buscar en qué fases de la producción ganadera podemos acometer medidas para ir en busca de productos ganaderos más respetuosos con el medioambiente.

En este artículo vamos a describir los principios básicos del ACV, primero de forma general y luego aplicado a la ganadería. Finalizaremos mostrando el análisis de impacto medioambiental en ganadería en relación a su uso hídrico y los principales estudios que ha habido hasta la fecha publicados en España en relación a la Huella de Carbono (HC).

2. Principios generales del ACV aplicados a la ganadería

La evaluación del ciclo de vida es una metodología que permite estudiar los efectos ambientales asociados a un producto, actividad o servicio a lo largo de su vida útil. En un ACV se consideran todos los procesos importantes del ciclo de vida de tales productos, actividades o servicios, que van desde la adquisición de materias primas hasta la producción, uso y eliminación (Figura 1).

Al analizar sistemas o productos ganaderos, el ACV implica recopilar no solo los insumos directos y las emisiones producidas dentro de la explotación, sino que también hay que considerar las emisiones indirectas que se producen en otras partes de la cadena de suministro y consumo –aguas arriba (previa fase a utilizarse un insumo en la explotación) y aguas abajo (después de que un producto ganadero sale de la explotación)–.

Por ejemplo, para un producto ganadero, aguas arriba, implican las etapas típicas como la producción de combustibles fósiles y electricidad, la fabricación de fertilizantes y la producción agrícola de cultivos que pueden ser utilizados como alimento externo para los animales. Y, por supuesto, todos los pasos de transporte que puedan ser necesarios para llevar estos productos a la granja.

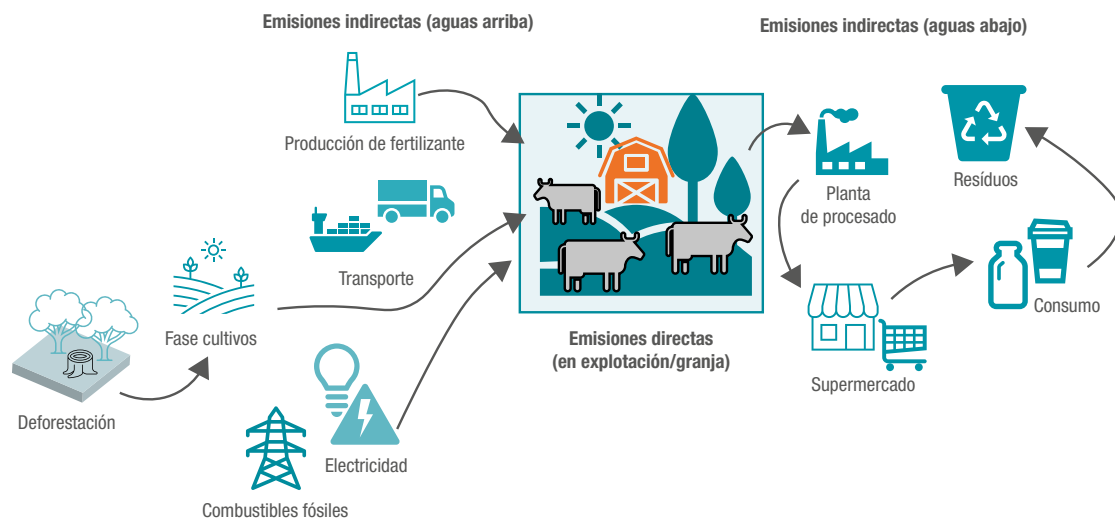
• • • • • • • •

¹ DEL PRADO *et al.* (2010).

Dependiendo del alcance de nuestro estudio, un ACV de un producto alimenticio también puede considerar las etapas posteriores a la granja, o también denominado aguas abajo. En este caso, típicamente incluiría el procesamiento y envasado de alimentos, la distribución, el consumo y una etapa de disposición de residuos final.

Figura 1.

Diferentes partes del sistema que se suelen evaluar al estudiar el impacto en emisiones de un producto ganadero y que incluyen tanto emisiones directas en la fase de la explotación como indirectas en las fases aguas arriba y aguas abajo



Los estudios de ACV se han aplicado con una gran diversidad de objetivos. Dentro de las utilidades más importantes de los ACV, en general, y en concreto, en su aplicación al estudio de sostenibilidad de los productos de origen animal, estarían:

- Análisis de la contribución de las etapas del ciclo de vida al conjunto de la carga ambiental, generalmente con el objetivo de identificar o priorizar mejoras en productos o procesos.
- Comparación entre productos con el fin de comunicarlo interna o externamente.
- Toma de decisiones en la industria, gobiernos y organizaciones no gubernamentales.
- Selección de indicadores de desempeño ambiental relevantes y técnicas de medición adecuadas.
- Oportunidades de *marketing* para productos. Por ejemplo, utilizar datos de ACV para ecoetiquetado, declaración medioambiental de producto (DAP), etc.



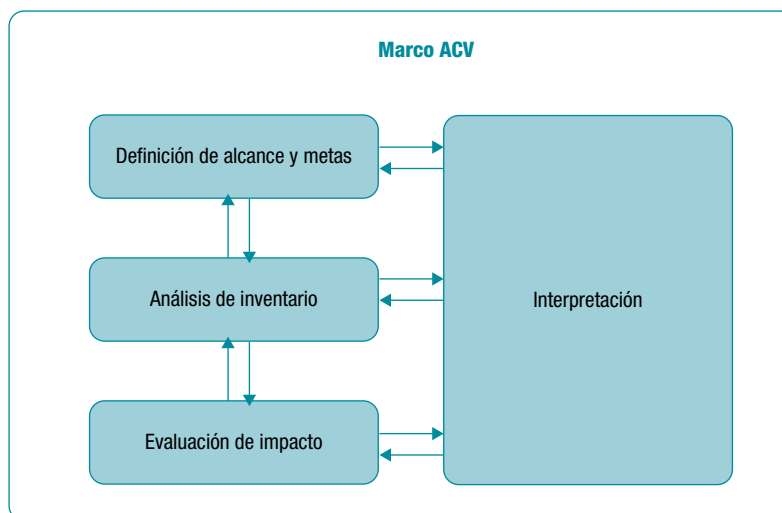
3. Fases de un análisis de ciclo de vida aplicado a la ganadería

El proceso de elaboración de un ACV se puede dividir en cuatro fases según ISO 14001:

1. Definición del objetivo y alcance del estudio.
2. Inventario de ciclo de vida.
3. Evaluación del impacto.
4. Interpretación de resultados.

Figura 2.

Fases del estudio de un análisis de ciclo de vida



Fase 1. Definición del objetivo y alcance del estudio

En esta fase se define el tema de estudio y se indican los motivos que llevan a realizarlo. Aquí, también se establece la unidad funcional. La *unidad funcional* se refiere a la función principal del sistema analizado. De esta forma, un ACV sirve para comparar servicios o cantidades de producto que llevan a cabo una misma función. En el caso de la ganadería, aunque su principal misión es la producción de alimentos (por ej., 1 kg de carne o 1 kg de leche normalizada en grasa y proteína), dependiendo del grado de multifuncionalidad del sistema ganadero podría incluir otras muchas y muy variadas (por ej., servicios ecosistémicos)².

• • • • •

² RIPOLL-BOSCH *et al.* (2013).

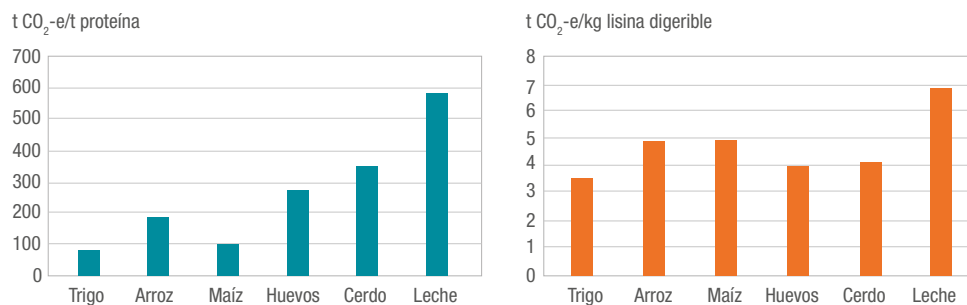


En cualquier caso, debemos recordar que la función última de los productos alimenticios es brindar nutrición a las personas, por lo que, idealmente, si planeamos hacer comparaciones, nuestra unidad funcional debe capturar no solo los aspectos de cantidad, sino también de calidad, que reflejarían diferencias en la composición o valor nutricional de nuestros productos.

Como se puede presagiar, encontrar una unidad funcional adecuada para hacer comparaciones entre productos alimenticios no es tarea fácil y los resultados serán muy distintos si se expresan por kg de producto, energía, valor proteico o incluso si utilizamos métricas más sofisticadas que encapsulan la densidad nutricional de los alimentos. Por ejemplo, en el Gráfico 1 o en Beal y Ortenzi (2021).

Gráfico 1.

Resultados de huella de carbono (emisiones de gases de efecto invernadero) de diferentes alimentos expresadas como emisiones equivalentes a CO₂ respecto 2 unidades funcionales (proteína y lisina digerible)



Fuente: Moughan (2021). Elaboración propia.

La *delimitación del sistema de estudio*, así como los límites del mismo, ayuda a precisar exactamente qué fases de la cadena de producción se incluyen. Pongamos un ejemplo, si hablamos de emisiones, el sistema puede integrar todas las que se producen a nivel de explotación y, además, puede que se tengan en cuenta las emisiones de producción de cada uno de los *inputs* que entran en el sistema. A continuación, en la Figura 3 se muestra un ejemplo para ilustrar un sistema de estudio de la HC aplicado en ganadería.

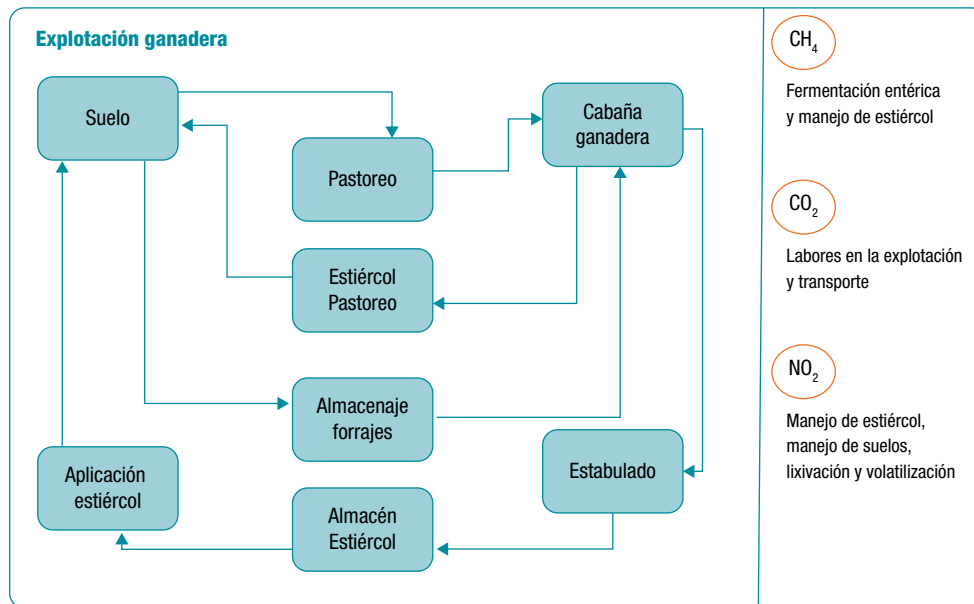
Existen diferentes enfoques al definir los límites del sistema (Figura 4). Un enfoque típico es seguir lo que se llama «una perspectiva de la cuna a la tumba». En este se incluyen todas las etapas del ciclo de vida de un producto alimenticio desde la producción de materias primas hasta la gestión de residuos. Sin embargo, en el ACV de los sistemas ganaderos, también es un enfoque muy común lo que se denomina «una perspectiva de la cuna a la puerta». En este caso, los límites del sistema terminan en la puerta de la granja. Y claro, hay otros enfoques intermedios entre estos dos, con otros límites diferentes, aunque probablemente no se vean tan a menudo.

Cuando el sistema genera más de un producto o servicio, tenemos que dividir las cargas ambientales que se producen en todo el sistema en los diferentes productos y servicios (asignación de cargas ambientales). Existen distintos criterios de *asignación de cargas* a cada uno de los productos y coproductos obtenidos en el proceso productivo. Las más utilizadas son la asignación económica, es decir, dividir las cargas ambientales en función del valor económico de los productos (un producto



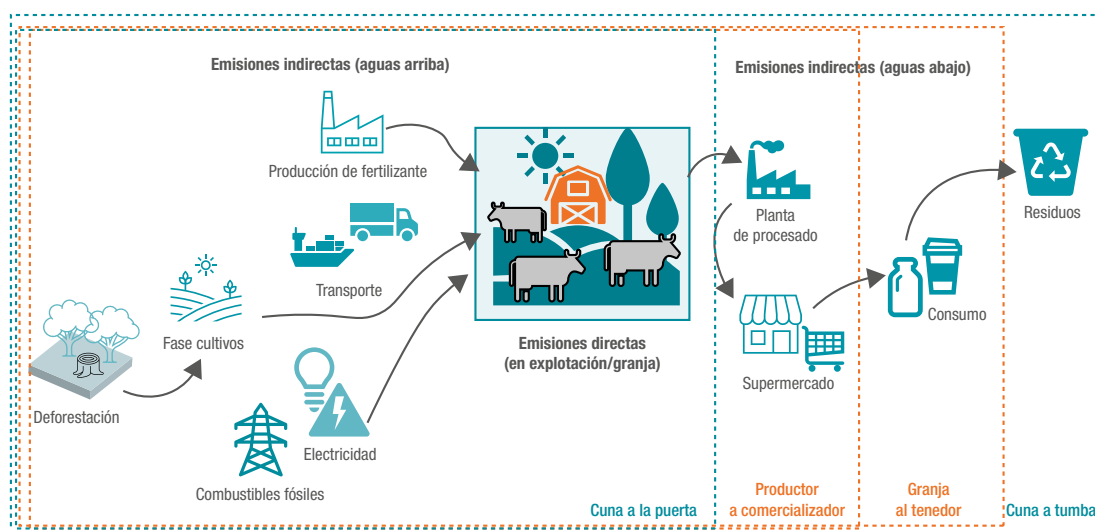
con mayor valor en el mercado tendría relativamente asociada una carga superior que uno de menor valor) y la asignación por masas, en función de la cantidad producida de cada producto. Previamente, en la fase de recogida de datos en campo se han hecho unas asignaciones a aprovechamiento de cultivos, *inputs*, etc.

Figura 3. Ejemplo de delimitación de sistema de estudio de la huella de carbono para una explotación ganadera



Fuente: Batalla *et al.* (2014).

Figura 4. Diferentes límites del sistema: cuna a la puerta, productor a comercializador, granja al tenedor y cuna a la tumba





Fase 2. Inventario del ciclo de vida

Esta fase comprende el proceso de obtención de datos y los procedimientos de cálculo para identificar los efectos ambientales adversos o carga ambiental asociados a la unidad funcional. En esta definición entrarían las emisiones de gases contaminantes, lixiviados y escorrentías, residuos sólidos, olores, etc. Cuando se trabaja con sistemas con varios productos (p. ej., el antes mencionado de leche y carne en ganaderías lácteas) se procederá a asignar los flujos de materia y energía, así como las emisiones al medioambiente asociadas a cada producto y subproducto. En ganadería, los datos se suelen recoger mediante entrevistas o visitas a campo con los propios ganaderos y con los técnicos de las cooperativas a las que compran alimentos o venden sus productos. Este trabajo se complica bastante cuando es la primera vez que se realiza, puesto que se necesita inventariar la actividad de la explotación de una forma tanto cualitativa como cuantitativa.

Fase 3. Evaluación de impacto

En esta fase se tienen que elegir, clasificar y caracterizar las categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos a utilizar.

Una *categoría de impacto* es una clase que representa las consecuencias ambientales generadas por los procesos o sistemas de productos. Por ejemplo, como las más típicas tenemos aquellas asociadas a:

- Utilización de recursos: energía, materiales, agua y uso de la tierra.
- Salud humana: uso de pesticidas.
- Efectos ecológicos: calentamiento global, acidificación, eutrofización, formación de foto-oxidantes y agotamiento de ozono estratosférico.

El indicador de cada categoría sería el valor cuantitativo del impacto. Por ejemplo, cuando hablamos de potencial de calentamiento global usamos unidades de kg CO₂ equivalentes. Este tipo de unidades nos permite normalizar los impactos en una categoría de acuerdo a una moneda común.

A continuación, detallamos algunos ejemplos de categorías de impacto antes mencionados:

La *eutrofización*, también llamada enriquecimiento de nutrientes, origina la floración de algas en ensenadas y manantiales que provocan el agotamiento del oxígeno y la muerte de los peces. Tanto las emisiones de nitrógeno (N) como las de fósforo (P) al medio acuático contribuyen enormemente a la eutrofización. La contaminación difusa de lixiviados y escorrentías de N y P se suelen normalizar en unidades de Kg NO₃ equivalentes.

La *acidificación*, que es otro impacto medioambiental que suele considerarse en los ACV de productos ganaderos, es la emisión de gases (SO, NO₂, NO_x, NH₃, HCl) en el aire que se combinan con otras moléculas en la atmósfera y resultan en la acidificación de los ecosistemas. Si bien, las fuentes más



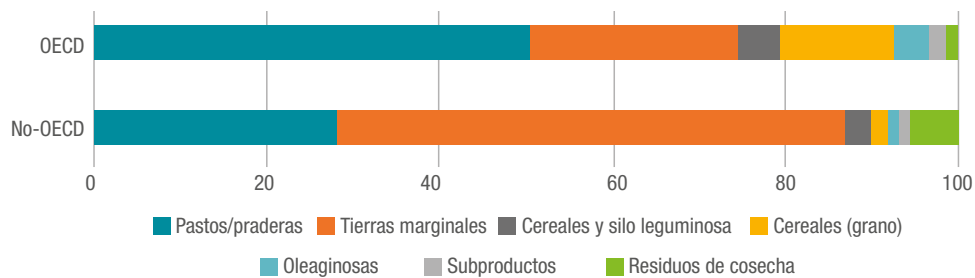
importantes de acidificación ocurren en la producción de electricidad y calefacción, y en el transporte, en la agricultura y ganadería también se emiten grandes cantidades en la gestión de estiércoles y purines en forma de amoníaco (NH_3) y, en menor medida, de óxido nítrico (N_2O). Este impacto se suele normalizar en kg SO_2 equivalentes.

El *uso de la tierra* es el área destinada a la producción de un producto, por ejemplo, la tierra agrícola. Se presenta en hectárea año ($\text{ha} \cdot \text{año}$) o en $\text{m}^2 \cdot \text{año}$. Los productos provenientes de la ganadería necesitan una gran cantidad de estos terrenos, especialmente para la alimentación del ganado. Por tanto, los sistemas basados en rumiantes y los más extensivos suelen hacer uso de ellas. Sin embargo, aquí no se hacen diferencias en la «calidad» de las tierras, es decir, cada una engloba diferentes potenciales productivos, por ejemplo, tierras muy fértiles —que se suelen destinar al cultivo—, praderas y tierras marginales en zonas de pendiente, donde difícilmente podrían establecerse cultivos u otra actividad que pudiera dar lugar a alimentos para consumo humano.

En las siguientes secciones del artículo hablaremos en mayor profundidad del uso de agua y del calentamiento global o huella de carbono.

Gráfico 2.

Usos de la tierra asociados a la ganadería rumiantes para países OCDE y no-OCDE. En porcentaje



Fuente: Mottet *et al.* (2017).

Fase 4. interpretación de resultados

Es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados de análisis del inventario con la evaluación de impacto. Permite determinar en qué fase del ciclo de vida de un producto se generan las principales cargas ambientales y, por tanto, nos puede ayudar a identificar qué punto del sistema pueden mejorarse.



4. La huella hídrica en ganadería. Diferentes opciones y controversias

El uso de agua para producir un producto o servicio se puede evaluar mediante diferentes indicadores. La huella hídrica, por ejemplo, es un indicador que se desarrolló para medir y evaluar la relación existente entre el uso del agua y el consumo humano, con la intención de aportar más información que los indicadores tradicionales (basados en el uso directo de agua), abarcando también el uso indirecto. Por tanto, la huella hídrica se puede definir como el volumen de agua dulce utilizada para producir un bien o servicio, medida a lo largo de toda la cadena de suministro y atendiendo al lugar donde se produjo el bien. De este modo, el valor global se refiere a la suma del agua dulce usada en las distintas etapas de la cadena de producción y considerando su localización geográfica específica en cada caso. Atendiendo al tipo de agua utilizada, el cálculo de la huella hídrica de un producto o proceso se descompone en tres tipos:

- *Huella hídrica verde*: el concepto de «agua verde» se refiere a la precipitación que llega al suelo y que no se pierde por escorrentía, almacenándose temporalmente en la parte superior del suelo o en la vegetación. De esta forma, la huella hídrica verde es el volumen de agua de lluvia consumida durante el proceso de producción. En el caso de productos agrícolas, este valor es la suma de la evapotranspiración de los cultivos más el agua contenida en el producto cosechado. En general, existe bastante consenso en pensar que esta huella verde tiene un impacto ambiental muy discutible y en muchos marcos de análisis de impactos sobre recursos hídricos ya no se está considerando.
- *Huella hídrica azul*: se refiere al consumo de agua dulce procedente de recursos hídricos de aguas superficiales y subterráneas a lo largo de toda la cadena de suministro de un producto. El consumo hace alusión a una pérdida de agua de una masa de agua disponible en una zona de captación o cuenca hidrográfica.
- *Huella hídrica gris*: este componente indica el grado de contaminación del agua dulce provocado como consecuencia de un determinado proceso. Se define como el volumen de agua dulce que se necesita para asimilar la carga contaminante generada, en base a la normativa vigente de calidad ambiental del agua. Se cuantifica como el volumen de agua requerida para diluir los contaminantes hasta el punto en que su calidad esté sobre los estándares aceptables.

A modo de ejemplo, en la Figura 5 se muestra la huella hídrica expresada en litros de agua (verde, azul y gris) para la producción de 1 kg de carne de cordero en España y calculada por Mekonnen y Hoekstra (2010). La mayor parte de la huella hídrica de 1 kg típico de carne de cordero corresponde a huella verde –lluvia caída sobre pastizales–, valores menores son de huella azul –generalmente, asociado a alimentos que vienen de regadíos– y casi inexistente de huella gris. Así, la huella hídrica agregada no distingue el lugar de producción y no permite entender si hay competencia con el consumo humano. No es lo mismo producir un kg de alimento, sea carne o cultivo, en un clima oceánico con precipitaciones constantes que hacerlo en una zona árida³.

• • • • • • • •

³ MANZANO y DEL PRADO (2021).

**Figura 5.**

Huella hídrica desglosada (verde, azul y gris) para sistemas mixtos en España para la producción de 1 kg de canal de ovino



* ¿Qué cantidad de agua se necesita para producir 1 kg de carne de cordero y cabrito? <https://www.youtube.com/watch?v=z3HFjJhz12c>.

La huella hídrica es el indicador que más comúnmente se usa en medios de comunicación para destacar los grandes impactos ambientales de la producción ganadera. La imputación de miles de litros de agua por kg de carne o leche producido –por ej., *Our world in data*: <https://ourworldindata.org/meat-production> basado en Poore y Nemecek (2018)– es habitual también en muchas narrativas de activismo en pro de dietas basadas en vegetales. La comunidad científica de ACV que trabaja con impactos hídricos, consciente de esa preocupación, ha consensuado algunas líneas para destacar el diferente coste de oportunidad y el diverso impacto ambiental de distintos tipos de agua^{4,5}. La diferencia básica radica en la interpretación que se hace del agua verde –lluvia caída sobre los campos bajo uso pascícola–, que supone la mayor parte del agua contabilizada. La contextualización de agua azul (uso de agua canalizada) y la generación de aguas grises también puede arrojar bastantes diferencias.

Otra controversia asociada al uso de la huella hídrica como indicador de impacto medioambiental es que asume que el agua tiene igual importancia en sitios húmedos que en áridos. Es decir, no afecta la cantidad de agua usada por un índice que permita entender si está o no compitiendo ese producto con agua de consumo para el hombre. No es lo mismo producir un kg de carne bajo un clima muy húmedo como, por ejemplo, en la cornisa cantábrica donde abunda el agua, que hacerlo en zonas semiáridas del Mediterráneo donde hay escasez de lluvias y recursos hídricos. Sin embargo, la metodología tradicional usa un valor genérico sin tener en cuenta este detalle.

Para subsanar esto, se propuso en 2010 un sistema alternativo⁶ explicado por Jauregui (2020). En este método consideran que la mayor preocupación en relación al consumo de agua del agrosistema es su potencial contribución a la escasez de agua potable para consumo humano y/o del ecosistema.

• • • • •

⁴ BOULAY *et al.* (2021).

⁵ FAO (2019).

⁶ RIDOUTT y PFISTER (2010).



También, argumentan que el consumo de agua verde no contribuye a la escasez de agua, ya que hasta que esa verde no se transforma en azul (río o acuífero) no contribuye a los flujos ambientales necesarios para la salud de los ecosistemas ni puede utilizarse por el hombre. Así, desarrollaron la «huella del ciclo de vida», llamada también la «huella de la escasez hídrica», que considera solo el agua azul y gris. Además, usa un índice de estrés hídrico para computar impactos locales del uso de agua. De esta manera, la huella de la escasez hídrica de un kg de carne propuesta por estos autores será muy baja en una zona poco poblada donde llueven 1.500 mm y muy alta en otra densamente poblada donde llueven 300 mm y donde, además, se requiere de riego y suplementación. Esta metodología está siendo ampliamente aceptada. El consenso científico al respecto es grande, tanto que hasta se desarrolló una norma ISO (14046) que utiliza este método para cuantificar esta nueva huella hídrica, llamada «huella hídrica LCA». Por ejemplo, cuando se usó en sistemas pastoriles de NSW (Australia) con lluvias promedio de entre 400-1.100 mm anuales se encontró que la huella hídrica promedio era de 54 litros de agua por kg de peso vivo de carne⁷. Valores mucho menores a los que generalmente vemos asociados por medio de la huella hídrica agregada a la ganadería.

5. La huella de carbono en ganadería como ejemplo paradigmático de categoría de impacto

Caso de estudio: España

El cambio climático es uno de los principales desafíos a los que el sector ganadero tiene que enfrentarse y no solo desde la perspectiva de adaptación a las nuevas condiciones climáticas que ya son evidentes, sino también para mitigar los efectos de la producción actual con métodos de producción menos agresivos. En este contexto y como respuesta a la necesidad de contabilizar estos impactos se utiliza la huella de carbono (HC).

La HC se basa en cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son liberadas a la atmósfera debido a una actividad o producto a lo largo de todo su ciclo de vida, dentro de unos límites de sistema especificados.

Los GEI son todas aquellas sustancias gaseosas que liberadas a la atmósfera generan calentamiento global. A través del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) se han definido diferentes coeficientes de calentamiento global (GWP) para cada uno de estos gases, que se expresan conjuntamente en unidades de masa de CO₂ equivalentes (kg CO₂ eq).

Dentro de las fuentes importantes de gases de efecto invernadero tenemos las emisiones en la explotación y aquellas que se dan aguas arriba (por ej., fabricación de insumos en granja) o aguas abajo de la explotación (por ej., procesado de la leche o carne).

• • • • •
⁷ RIDOUTT *et al.* (2012).



Las emisiones importantes en la explotación son: a) las de metano (CH_4) por la fermentación entérica en rumiantes; b) las de metano y óxido de nitroso (N_2O) producidas por la gestión de estiércoles y purines; y c) las de N_2O debidas a la gestión de las tierras que van a ser fuente de alimentación de los animales. Dependiendo de la intensificación del sistema, tendrán mayor o menor peso las emisiones de CO_2 fósil debidas a un uso energético por mecanización. Dentro de las fuentes importantes de emisiones aguas arriba de la explotación suelen predominar aquellas asociadas a la fabricación de piensos, forrajes o fertilizantes de síntesis.

En la Figura 6 se muestran los principales componentes del ciclo del carbono que contabilizaría una HC (excepto el CO_2 biogénico). En la explotación primero se distingue el ciclo rápido de carbono, que es cuando no se libera nuevo carbono a la atmósfera, sino que está siendo reciclado en un tiempo relativamente corto. Así, podemos comenzar pensando en forrajes o cualquier otra planta que necesita agua, nutrientes y energía lumínica, entre otras cosas, para sintetizar hidratos de carbonos a partir del CO_2 atmosférico en el proceso que llamamos fotosíntesis. Esos forrajes son ingeridos por los rumiantes y otra parte la respiran como nosotros en forma de CO_2 . Este CO_2 se considera neutro para el efecto invernadero, ya que no añade CO_2 nuevo a la atmósfera y solo puede liberarse si se ha fijado hace relativamente poco a través de procesos fotosintéticos. Otra parte de lo que comen los animales –la menos digerible– la van a procesar con la ayuda de las bacterias fermentadoras del rumen, con la consiguiente obtención de energía y la emisión en forma de CH_4 . Este CH_4 , aunque biogénico, permanece en la atmósfera una media de 12 años y durante ese tiempo provoca un calentamiento muy grande en la atmósfera, pero a partir de ese decenio se oxida en CO_2 , asumiéndose, entonces, que es un CO_2 climáticamente neutral como el que respiramos y que puede otra vez ser absorbido por las plantas por medio de la fotosíntesis. También se emite CH_4 a partir de la degradación de la materia orgánica en los estiércoles y purines.

Este ciclo rápido contrasta con las emisiones de CO_2 y CH_4 provenientes del uso de combustibles fósiles (p. ej., el que produce la maquinaria o la electricidad) o de los insumos de la granja. En estos ciclos más lentos se puede decir que siempre se añade un carbono nuevo a la atmósfera, ya que el que se libera ha estado miles (en deforestación) o incluso millones de años (el de combustibles fósiles que se libera del subsuelo).

El hecho de convertir las emisiones de los diferentes gases de GEI en CO_2 eq utilizando la métrica GWP100 permite normalizar el impacto climático de gases muy distintos en relación a su forzamiento radiativo. La utilización en la HC de la métrica GWP100 no está exenta de tener limitaciones a la hora de abordar cómo trasladar los impactos de gases con muy diferente vida media a impactos en calentamiento en la atmósfera⁸. En la actualidad están surgiendo otras métricas (GWP*) con sus unidades alternativas⁹, por ejemplo, las CO_2 we (emisiones equivalentes a calentamiento), que pueden ayudar al análisis en búsqueda de la neutralidad climática del sector ganadero –como los pequeños rumiantes de leche en Europa¹⁰– o complementar los análisis climáticos de las HC de los productos alimentarios¹¹.

• • • • •

⁸ BATALLA *et al.* (2020).

⁹ CAIN *et al.* (2019).

¹⁰ DEL PRADO *et al.* (2021).

¹¹ RIDOUTT *et al.* (2021).



Figura 6.

El ciclo del carbono en la ganadería rumiantes: ciclos cortos y largos, CH₄ y CO₂ de origen fósil y biogénico



En España se han llevado a cabo estudios de HC en ganadería con resultados variados. En general, en las HC relacionadas con especies rumiantes (vacas, ovejas, cabras), la fase que más contribuye a la huella suele ser la parte de emisiones de metano en granja (entérico y gestión de purines y estiércoles), mientras que en el caso de las especies monogástricas (cerdos, pollos) al no rumiar, no pueden digerir grandes cantidades de celulosa y necesitan una alimentación más rica en proteínas, lo que suele implicar más proporción de piensos cultivados y emisiones asociadas en forma de CO₂ de origen fósil o por cambios de uso de la tierra. También, las emisiones de metano son mucho mayores en la ganadería extensiva que en otros modelos productivos, porque dependen de una gran proporción de ingesta de hierba —que contiene una alta proporción de celulosa— (Gráfico 3). Esto es así porque el metano, principalmente, lo originan las bacterias intestinales que fermentan la celulosa, produciendo azúcares y proteínas que son digeribles por los herbívoros. La distribución típica de impacto de los diferentes gases de efecto invernadero según sistemas productivo se muestra en el Gráfico 3, que ha sido elaborado a partir de datos de huellas en España¹².

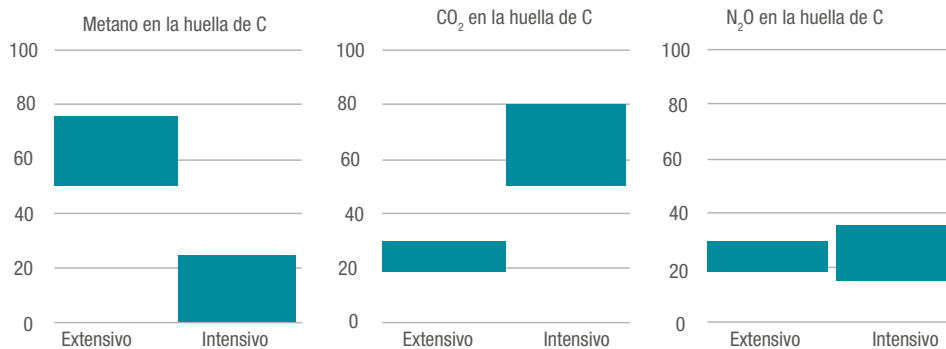
• • • • •

¹² DEL PRADO y MANZANO (2020).



Gráfico 3

Fuentes de GEI según sistemas productivos. En porcentaje



Fuente: basado en datos de los estudios de: Del Prado *et al.* (2013a), Ripoll-Bosch *et al.* (2013), Batalla *et al.* (2015), Pardo *et al.* (2016), Mas *et al.* (2016), Eldesouki *et al.* (2018), Gutierrez-Peña *et al.* (2019), O'Brian *et al.* (2019), Horrillo *et al.* (2020) y Escribano *et al.* (2020).

En el Gráfico 4 se muestra el rango de resultados de HC publicados en España para la mayor parte de las especies ganaderas españolas tanto para producciones de carne (a, b) como para la de leche (c, d). Estos valores se sitúan por debajo de los que se suelen utilizar como guía para poner sobre la mesa la huella climática de los productos de origen ganadero, que suelen indicar medias mundiales –por ej., *Our world in data*¹³–. En los Gráficos 4 B y 4 D se incorpora además la cuestión fundamental del secuestro de carbono en tierras pastoreadas. La ganadería extensiva no solo es fuente de emisión de GEI, sino que gracias a su actividad contribuye a que los pastos y praderas permanentes absorban carbono, cuestión que generalmente no se contemplaba hasta hace relativamente poco. Existen numerosas evidencias que indican que las ganaderías más extensivas pueden fijar carbono en suelo (aunque no de forma ilimitada) y así compensar parte de las emisiones. Según los principales estudios publicados en España de HC que incluyen el potencial de secuestro de carbono en suelo, se ve que el potencial de compensación de parte de las HC es bastante variable y en algunos casos podría ser muy importante para la ganadería ligada al territorio. Todas estas estimaciones, desafortunadamente y por convención, no suelen estar puestas en valor en las HC producidas a escala comercial.

La medición de la huella de carbono puede presentarse como un mapa de inicio de toma de decisiones en la explotación: a) reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y compensar las emisiones restantes; b) identificar las posibles oportunidades de reducción de costes en la propia explotación; c) incorporar la reducción de emisiones en la toma de decisiones; y d) demostrar el nivel de responsabilidad medioambiental por parte del ganadero y satisfacer la demanda de información por parte del consumidor, cada vez más comprometido con cuestiones medioambientales y que condicionan sus hábitos de consumo.

También existen diversos trabajos que han abordado el análisis de las diferentes estrategias a nivel de reducción de HC en España. Desde el BC3 se han estudiado, entre otras, estrategias relacionadas con la gestión de estiércoles y deyecciones, la fertilidad animal, la ganadería de precisión o la mejora en las dietas. Por ejemplo, en Del Prado *et al.* (2013b) se observó el potencial de reducción en HC y

• • • • •

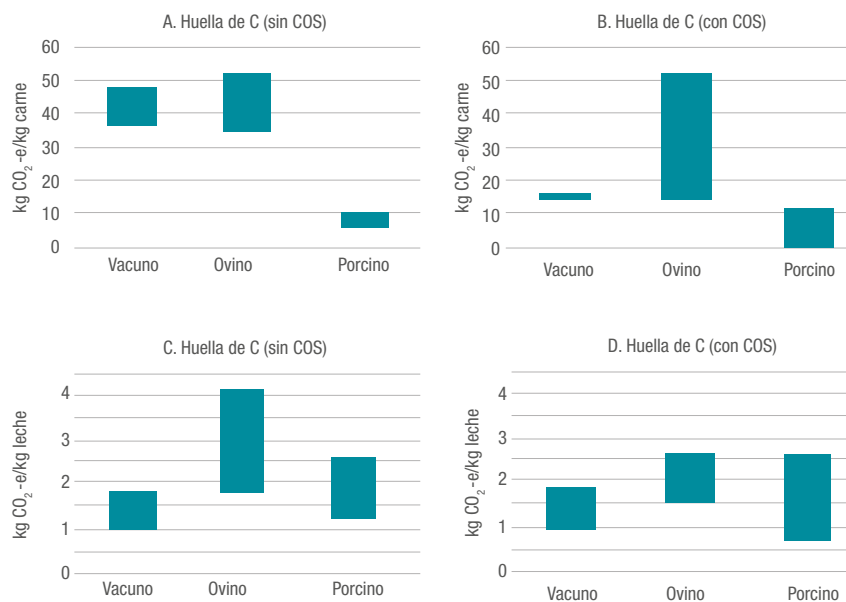
¹³ <https://ourworldindata.org/meat-production> basado en Poore y Nemecek (2018).



otros contaminantes al introducir de manera aislada o en combinación medidas en la gestión de las deyecciones animales de sistemas de vacuno de leche en España. Se analizaron valores a nivel de dietas, biodigestión, compostaje y aplicación de purines. En este estudio se alcanzaron máximos de reducción de la HC y emisiones de amoníaco (NH_3) por kg de leche normalizado en grasa y proteína de hasta un 14 % y un 40 %, respectivamente. El análisis en sistemas de granjas típicas de raza rasa-aragonesa en Aragón¹⁴ examinó las ventajas de la introducción en la mejora genética a través del alelo «ROA», asociado a una alta prolificidad, y encontraron reducciones en la HC de más del 10 %, consiguiendo otros cobeneficios en la mejora de otros impactos medioambientales y en la viabilidad de la explotación.

Gráfico 4.

Rangos de valores de HC publicadas de producciones ganaderas en España para diferentes especies y con/sin contabilización de acumulación de carbono orgánico (COS)



Fuente: basado en Ripoll-Bosch *et al.* (2013), del Prado *et al.* (2013a), Mas *et al.* (2016), Noya *et al.* (2018), Eldesouki *et al.* (2018), Batalla *et al.* (2015); Gutierrez-Peña *et al.* (2019), Horrillo *et al.* (2020), Pardo *et al.* (2016), Escribano *et al.* (2020), Salcedo *et al.* (2019), Laca *et al.* (2020) y Cortes *et al.* (2021).

En caprino podemos destacar la introducción en explotaciones de raza murciano-granadina de un nuevo sistema informático de gestión de granjas, basado en la recogida individual de datos, «el Eskardillo»¹⁵, que permite una mejora en la productividad de la explotación a través de un control y manejo de datos productivos y reproductivos del rebaño, lo cual redundará en una mejora en la eficiencia productiva y una menor HC de su leche (10-15 %) ¹⁶. Otros aspectos importantes estudiados en España son la reducción de la HC en la alimentación animal, donde los concentrados tienen un peso importante, especialmente en las dietas de rebaños con una relación concentrado/forraje altas.

¹⁴ DEL PRADO *et al.* (2019).
¹⁵ BELANCHE *et al.* (2019).
¹⁶ PARDO *et al.* (en rev).



Por ejemplo, en el estudio de Pardo *et al.* (2016) analizaron el potencial de reducción de HC de la leche de cabras murciano-granadinas a través del uso y reemplazo de ciertos forrajes convencionales con subproductos en la alimentación.

6. Conclusiones

El ACV es una de las metodologías más utilizadas en el estudio de la sostenibilidad de las actividades ganaderas. Existen una serie de pautas comunes que definen los procesos para el cálculo del análisis. No obstante, hay también una gran diversidad de formas para estimar los valores de los diferentes indicadores de impacto dentro de los ACV. En esta revisión, además de intentar dar unas pinceladas de las generalidades de la metodología del análisis de ciclo de vida aplicada a la ganadería, hemos querido explicar con más detalle los matices alrededor de los diferentes indicadores utilizados en los ACV para el estudio del impacto de la ganadería sobre los recursos hídricos. También, en la última sección hemos querido poner en valor los diferentes estudios de ACV que se han publicado en España en relación a la HC de la producción ganadera.

Referencias bibliográficas

BATALLA, I.; GUTIÉRREZ-PEÑA, R.; DEL HIERRO, O.; PÉREZ-NEIRA, D. y MENA, Y. (2014): «Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería bovina y ovina ecológicas en dehesas de Andalucía»; en *XI Congreso de SEAE: Agricultura ecológica familiar*, pp. 1-4. Álava, Vitoria-Gasteiz.

BATALLA, I.; PARDO, G. y DEL PRADO, A. (2020): «Gases de efecto invernadero y producción caprina: ¿qué debemos tener en cuenta?»; en <https://www.interempresas.net/Ganadero/Articulos/302102-Gases-de-efecto-invernadero-y-produccion-caprina-que-debemos-tener-en-cuenta.html>.

BATALLA, I.; KNUDSEN, M. T.; MOGENSEN, L.; DEL HIERRO, O.; PINTO, M. y HERMANSEN, J. E. (2015): «Carbon footprint of milk from sheep farming systems in Northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands»; en *Journal of Cleaner Production* (104); pp. 121-129.

BEAI, T. y ORTENZI, F. (2021): «Priority micronutrient density in foods»; en <https://www.researchsquare.com/article/rs-701840/v2>.

BELANCHE, A.; MARTÍN-GARCÍA, A. I.; FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, J.; PLEGUEZUELOS, J.; MANTECÓN, Á. R. y YÁÑEZ-RUIZ, D. R. (2019): «Optimizing management of dairy goat farms through individual animal data interpretation: A case study of smart farming in Spain»; en *Agricultural Systems* (173); pp. 27-38.

BOULAY, A. M.; DRASTIG, K.; AMANULLAH; CHAPAGAIN, A.; CHARLON, V.; CIVIT, B.; DE CAMILLIS, C.; DE SOUZA, M.; HESS, T.; HOEKSTRA, A. Y.; IBIDHI, R.; LATHUILLIÈRE, M. J.; MANZARDO, A.; MCALLISTER, T.; MORALES, R. A.; MOTOSHITA, M.; PALHARES, J. C. P.; PIRLO, G.; RIDOUTT, B.; RUSSO, V.; SALMORAL, G.; SINGH, R.; VANHAM, D.; WIEDEMANN, S.; ZHENG, W. y PFISTER, S.



(2021): «Building consensus on water use assessment of livestock production systems and supply chains: Outcome and recommendations from the FAO LEAP Partnership»; en *Ecological Indicators* (124); pp.107391.

CAIN, M.; LYNCH, J.; ALLEN, M. R.; FUGLESTVEDT, J. S.; FRAME, D. J. y MACEY A. H. (2019): «Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants»; en *npj Climate and Atmospheric Science* (2); pp. 1-7.

CARNE DE LECHAL Y CORDERO (2021): «¿Qué cantidad de agua se necesita para producir 1 kg de carne de cordero y cabrito?»; en <https://www.youtube.com/watch?v=z3HFjJhz12c>.

CORTÉS, A.; FEIJOO, G.; FERNÁNDEZ, M. y MOREIRA, M. T. (2021): «Pursuing the route to eco-efficiency in dairy production: The case of Galician area»; en *Journal of Cleaner Production* (285); pp. 124861.

DEL PRADO, A.; ALVARO-FUENTES, J.; ARRIAGA, H.; BÁEZ, D.; BERNAL, M. P.; CANTERO, C.; ESTELLÉS, F.; MERINO, P.; MORAL, R.; PARDO, G.; SALCEDO, G.; CALVET, S. y SANZ-COBEÑA, A. (2013b): «GHG emissions associated with manure management from livestock systems in a Mediterranean country. A case study: Spain»; en 15th RAMIRAN International Conference. 3-5 junio. Versailles. INRA - Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines.

DEL PRADO, A.; BATALLA, I.; PARDO, G.; GALÁN, E.; THOMAS, C.; RAGKOS, A.; THEODORIDIS, A. y ARSENOS, G. (2020): «Deliverable 4.4 Project EU ISAGE. New trajectories towards innovative sheep and goat production systems»; en <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5cc083f12&appld=PPGMS>.

DEL PRADO, A.; CHADWICK, D.; CARDENAS, L.; MISSELBROOK, T.; SCHOLEFIELD, D. y MERINO, P. (2010): «Exploring systems responses to mitigation of GHG in UK dairy farms»; en *Agriculture, Ecosystems & Environment* (136); pp. 318-332.

DEL PRADO, A. y MANZANO, P. (2020): «La ganadería y su contribución al cambio climático»; en MUÑOZ, A., ed.: *Amigos de la Tierra y BC3*. Madrid y Leioa. Disponible en: <https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2020/09/Informe-Ganaderia-Cambio-climatico-Amigos-de-la-Tierra.pdf>.

DEL PRADO, A.; MANZANO, P. y PARDO, G. (2021): «The role of the European small ruminant dairy sector in stabilising global temperatures: lessons from GWP* warming-equivalent emission metrics»; en *Journal of Dairy Research* (88); pp. 8-15.

DEL PRADO, A.; MAS, K.; PARDO, G. y GALLEJONES, P. (2013a): «Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain»; en *Science of The Total Environment* (465); pp. 156-165.

ELDESOUKY, A.; MESIAS, F. J.; ELGHANNAM, A. y ESCRIBANO, M. (2018): «Can extensification compensate livestock greenhouse gas emissions? A study of the carbon footprint in Spanish agroforestry systems»; en *Journal of Cleaner Production* (200); pp. 28-38.



ESCRIBANO, M.; ELGHANNAM, A. y MESIAS, F. J. (2020): «Dairy sheep farms in semi-arid rangelands: A carbon footprint dilemma between intensification and land-based grazing»; en *Land Use Policy* (95); pp. 104600.

FAO (2006): «La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones»; en <http://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>.

FAO (2019): «Water use in livestock production systems and supply chains - Guidelines for assessment (Version 1)». Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Roma; en <http://www.fao.org/3/ca5685en/CA5685EN.pdf>.

GUTIÉRREZ-PEÑA, R.; MENA, Y.; BATALLA, I. y MANCILLA-LEYTÓN, J. M. (2019): «Carbon footprint of dairy goat production systems: A comparison of three contrasting grazing levels in the Sierra de Grazalema Natural Park (Southern Spain)»; en *Journal of Environmental Management* (232); pp. 993-998.

HORRILLO, A.; GASPAS, P. y ESCRIBANO, M. (2020): «Organic Farming as a Strategy to Reduce Carbon Footprint in Dehesa Agroecosystems: A Case Study Comparing Different Livestock Products»; en *Animals* (10); pp. 162.

JAUREGUI, J. (2020): «¿Cuánta agua se necesita para producir alimentos? ¿Por qué la ganadería es criticada en este sentido? ¿Qué dice la ciencia?»; en <https://twitter.com/josephmjaregui/status/1334607361705652225>.

LACA, A.; GÓMEZ, N.; LACA, A. y DÍAZ, M. (2020): «Overview on GHG emissions of raw milk production and a comparison of milk and cheese carbon footprints of two different systems from northern Spain»; en *Environmental Science and Pollution Research* (27); pp. 1650-1666.

MANZANO, P. y PRADO A. (2021): «Comparación de la huella hídrica de productos de origen animal con otros alimentos»; en AIDA (2021). XIX Jornadas sobre Producción Animal; pp. 30.

MAS, K.; PARDO, G.; GALÁN, E. y DEL PRADO, A. (2016): «Assessing dairy farm sustainability using whole-farm modelling and life cycle analysis»; en *Advances in Animal Biosciences* (7); pp. 259-260.

MEKONNEN, M. M. y HOEKSTRA, A. Y. (2010): «The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products»; Appendices. Value of water research report series 2(48); en <https://waterfootprint.org/media/downloads/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol2.pdf>.

MOTTET, A.; DE HAAN, C.; FALCUCCHI, A.; TEMPIO, G.; OPIO, C. y GERBER, P. (2017): «Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate»; en *Global Food Security* (14); pp. 1-8.

MOUGHAN, P. J. (2021): «Population protein intakes and food sustainability indices: The metrics matter»; en *Global Food Security* (29); pp. 100548.



NOYA, I.; GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; BERZOSA, J.; BAUCCELLS, F.; FEIJOO, G. y Moreira, M. T. (2018): «Environmental and water sustainability of milk production in Northeast Spain»; en *Science of The Total Environment* (616-617); pp. 1317-1329.

O'BRIEN, D.; HERRON, J.; ANDURAND, J.; CARÉ, S.; MARTINEZ, P.; MIGLIORATI, L.; MORO, M.; PIRLO, G. y DOLLÉ, J. B. (2020): «Life Beef Carbon: a common framework for quantifying grass and corn based beef farms' carbon footprints»; en *Animal* (14); pp. 834-845.

OUR WORLD IN DATA WEBSITE (2021): en <https://ourworldindata.org/meat-production>.

PARDO, G.; MARTIN-GARCIA, I.; ARCO, A.; YÁÑEZ-RUIZ, D.; MORAL, R. y DEL PRADO, A. (2016): «Greenhouse-gas mitigation potential of agro-industrial by-products in the diet of dairy goats in Spain: a life-cycle perspective»; en *Animal Production Science* (56); pp. 646-654.

PARDO, G.; DEL PRADO, A.; FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, J.; YÁÑEZ-RUIZ, D. y BELANCHE, A. (en rev): «Influence of precision livestock farming 1 on the environmental performance: a case study on intensive dairy goat farms».

POORE, J. y NEMECEK, T. (2018): «Reducing food's environmental impacts through producers and consumers»; en *Science* (360); pp. 987-992.

RIDOUTT, B. G. y PFISTER, S. (2010): «A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity»; en *Global Environmental Change* (20); pp. 113-120.

RIDOUTT, B. G.; SANGUANSRI, P.; FREER, M. y HARPER, G. S. (2012): «Water footprint of livestock: comparison of six geographically defined beef production systems»; en *The International Journal of Life Cycle Assessment* (17); pp. 165-175.

RIDOUTT, B.; BAIRD, D. y HENDRIE, GA. (2021): «Diets within Environmental Limits: The Climate Impact of Current and Recommended Australian Diets»; en *Nutrients* (13); pp. 1122.

RIPOLL-BOSCH, R.; DE BOER, I. J. M.; BERNUÉS, A. y VELLINGA T. V. (2013): «Accounting for multi-functionality of sheep farming in the carbon footprint of lamb: A comparison of three contrasting Mediterranean systems»; en *Agricultural Systems* (116); pp. 60-68.

SALCEDO, G.; JIMÉNEZ-CALDERÓN, J. D.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; BAIZÁN, S. y VICENTE, F. (2019): «Huella de carbono en las explotaciones lecheras asturianas»; en *Revista Vaca Pinta*. (13); pp. 130-144. Disponible en: <https://vacapinta.com/es/articulos/huella-de-carbono-en-las-explotaciones-lecheras-as.html>.





Alimentación animal y sostenibilidad

David Yáñez-Ruiz

Estación Experimental del Zaidín (CSIC)

Alba Cerisuelo

Centro de Investigación y Tecnología Animal (IVIA)

Resumen / Abstract

A pesar de los innumerables beneficios que la actividad ganadera tiene en nuestra sociedad, también es fuente de emisión de gases de efecto invernadero y amoníaco, siendo la producción (emisiones directas) y la utilización de alimentos para el ganado (emisiones indirectas) unas de las más importantes. En cuanto a las emisiones directas, las principales estrategias alimenticias para reducir la producción de metano en rumiantes están relacionadas con la mejora de la digestibilidad de la dieta y modulación de la actividad microbiana en el rumen mediante la utilización de aditivos alimenticios. En porcino, la disminución de emisiones de amoníaco puede ser abordada a través de la reducción controlada del nivel de proteína en la dieta, del incremento de la digestibilidad y de la eficiencia en utilización de la proteína y en el uso de ingredientes ricos en carbohidratos fermentables. Las emisiones asociadas a la producción y al transporte de alimentos pueden ser disminuidas sustancialmente mediante la inclusión de subproductos locales en la dieta de porcino y rumiantes, aunque para ello hay que abordar, en algunos casos, aspectos logísticos y ajustes en la alimentación.

Despite the innumerable benefits that livestock activity has in our society, it is also a source of greenhouse gases and ammonia emissions, the production (direct emissions) and use of feed for livestock (indirect emissions) being the most relevant. As for direct emissions, the main dietary strategies to reduce methane production in ruminants are related to improving the digestibility of the diet and modulating the microbial activity in the rumen through the use of feed additives. In pigs, the reduction of ammonia emissions can be addressed by the controlled reduction of the level of protein in the diet, the increase in the digestibility and efficiency of the use of protein and the use of ingredients rich in fermentable carbohydrates. The emissions associated with the production and transport of feeds can be substantially reduced by including local by-products in the pig and ruminant diets, although in some cases logistical aspects and diet adjustments must be addressed.



1. Introducción y puesta en contexto

La ganadería es la responsable de un 14,5 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico¹, de los cuales el metano (CH₄) con el 44 % es el mayoritario del sector². La ganadería es, además, una importante fuente de emisión de amoníaco (NH₃), asociada principalmente a los purines y al estiércol de los animales³. Organismos como el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) o la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) advierten de que es necesario que los países cuantifiquen sus emisiones y que implanten medidas de mitigación. Estos mismos organismos y estudios en la bibliografía indican que el impacto ambiental de la ganadería está principalmente asociado a aspectos relacionados con la alimentación animal como son: i) la producción de materias primas como los cereales y la soja para la fabricación de piensos; y ii) el aprovechamiento digestivo de los alimentos, que está muy relacionado con la fermentación entérica de rumiantes y el volumen y manejo de las deyecciones en rumiantes y monogástricos⁴. Por un lado, los sistemas empleados para el cultivo y la producción de las distintas materias generan lo que denominamos emisiones indirectas y, por otro, la composición de los piensos es capaz de modificar el comportamiento digestivo del animal, incluyendo factores como el aprovechamiento de los nutrientes (digestibilidad) y la capacidad de fermentación de los diferentes ingredientes a nivel digestivo, que sumado a la fermentación entérica y la de purines/estiércoles generan las denominadas emisiones directas.

En general, para todas las especies, la alimentación constituye la principal vía de entrada de carbono (C) y nitrógeno (N) en los sistemas de producción animal y, según el tipo de dieta, una proporción más o menos importante de los nutrientes no se aprovechará y se eliminará en las deyecciones ganaderas, modificando la composición del purín/estiércol. En cuanto al impacto de la producción de alimentos para el ganado, la contribución a las emisiones es variable según la especie. En los sistemas porcino y avícola, la producción de piensos representa el 50-85 % del impacto del cambio climático, el 64-97 % del potencial de eutrofización, el 70-96 % del uso de energía y casi el 100 % de la ocupación de la tierra, con diferencias entre los productos animales (p. ej.: pollos de engorde frente a ponedoras), el tipo de sistemas de producción y la ubicación geográfica⁵. En la producción de leche, el CH₄ de la fermentación entérica es la principal fuente de emisión de GEI, aunque la producción de piensos representa aproximadamente el 36 % de dichas emisiones, con diferencias entre las regiones geográficas del mundo⁶. En la producción de carne de vacuno, la producción de piensos puede contribuir hasta en un 55 % a las emisiones de GEI⁷.

Las estrategias de alimentación encaminadas a aumentar la eficiencia de utilización de los nutrientes (digestibilidad) y a reducir la huella ambiental asociada a las materias primas de los piensos y raciones son determinantes para una mayor rentabilidad económica y un menor impacto ambiental

• • • • • • • • • •

¹ FAO (2017).

² GERBER *et al.* (2013).

³ EAA (2017).

⁴ NIJDAM *et al.* (2012); GERBER *et al.* (2013) y KEBREAB *et al.* (2016).

⁵ MCLEOD *et al.* (2013).

⁶ FAO (2020).

⁷ NGUYEN *et al.*, (2010).



de la ganadería. Estas estrategias incluyen desde el tratamiento de las materias primas o el uso de aditivos zootécnicos para aumentar la digestibilidad de los nutrientes hasta la utilización de materias primas más sostenibles como los subproductos. En los siguientes apartados se abordarán con detalle estrategias encaminadas a reducir las emisiones directas de la fermentación entérica y el manejo de purines, así como las emisiones indirectas de la producción de alimentos mediante el uso de fuentes alternativas de nutrientes.

2. Estrategias encaminadas a reducir las emisiones de metano

El CH_4 se produce en los rumiantes como producto final de los procesos de fermentación microbiana anaerobia durante la digestión de los componentes de la dieta, tras la degradación de los hidratos de carbono (p. ej., celulosa, hemicelulosa y pectina). En estos procesos un grupo de microorganismos (arqueas metanogénicas) sintetizan el CH_4 para que el proceso de fermentación anaerobia pueda continuar satisfactoriamente. La producción de CH_4 depende fundamentalmente del nivel de ingesta, de la composición/estructura física y de la digestibilidad aparente de la energía de la dieta⁸. A mayor digestibilidad, menor energía se pierde en forma de CH_4 .

En relación al manejo alimentario se pueden distinguir dos tipos de actuaciones principales para reducir las emisiones de CH_4 entérico⁹:

- i) Las encaminadas a *mejorar la digestibilidad de la dieta*. Se puede considerar un rango amplio de posibilidades. Según los modelos que se emplean en el inventario nacional de emisiones en España¹⁰, la proporción de energía bruta de la dieta que se pierde en forma de CH_4 disminuye del 7 % al 3,8 % cuando se incrementa la digestibilidad de la dieta del 55 % al 75 %. Esta mejora de la digestibilidad puede alcanzarse de diversas maneras, por ejemplo, una opción es incrementar la proporción de concentrado en la dieta¹¹, ya que normalmente los ingredientes incluidos en el concentrado son más digestibles. Sin embargo, conviene considerar, además del incremento del coste, la reducción de las emisiones de CH_4 no compensan aquellas que derivan de la producción y el transporte de los ingredientes del concentrado, sobre todo, aquellos que llevan acarreado un aumento de la deforestación.

La medida que ofrece mayor margen de reducción en las emisiones es la mejora de la calidad del forraje, ya sea mediante el uso de aquellos más digestibles o la optimización de la fecha de recolección en relación a su maduración, o bien los procesos de henificado y ensilado¹². Los forrajes de mayor calidad se digieren más rápido y necesitan un tiempo de retención en rumen menor, lo que acarrea menor producción de CH_4 . Por ejemplo, la diferencia entre

• • • • • • • •

⁸ BLAXTER y CLAPPERTON (1965).

⁹ HRISTOV *et al.* (2013).

¹⁰ CAMBRA-LÓPEZ *et al.* (2008).

¹¹ HRISTOV *et al.* (2013).

¹² ARCHIMÈDE *et al.* (2011).



emplear un heno de hierba de calidad excelente o de quinta, puede suponer un incremento de las emisiones derivadas de la fermentación entérica de hasta el 15 %.

- ii) Las *modificaciones de la microbiota ruminal*. Existen numerosos trabajos que muestran el potencial de diversas sustancias y compuestos que específicamente inhiben la actividad de las arqueas metanogénicas. Sin embargo, la aplicación práctica de muchos no está totalmente resuelta.

El empleo de lípidos ricos en ácidos grasos poliinsaturados es una de las opciones más factibles. Los ácidos grasos resultantes de la hidrólisis de estas grasas tienen una importante actividad inhibitoria frente a ciertas bacterias y protozoos del rumen, por lo que pueden ser empleados en dosis adecuadas para reducir la producción de CH_4 , pero sin comprometer la ingesta del animal y la digestibilidad de la dieta. La ventaja del empleo de aceites es que supone un aporte adicional de energía para el animal, sin embargo, estos deben suministrarse sin ninguna protección frente a la acción de la microbiota ruminal. Para aceites disponibles en España como girasol, oliva o linaza, el nivel máximo de inclusión en la dieta aconsejado es del 6 % y los niveles de reducción de la producción de CH_4 varían entre el 10 % y el 28 %¹³.

Una opción que está despertando gran interés es el empleo de compuestos aditivos que, incluidos en la dieta en bajas concentraciones, ejerzan una acción moduladora de la microbiota y que finalmente resulte en una menor producción de CH_4 . Aquí, se pueden distinguir productos que inhiben directamente la actividad de las arqueas metanogénicas como 3-Nitrooxypropanol (3-NOP)¹⁴ o algas del tipo *Asparagopsis taxiformis*¹⁵, cuyo uso se ha descrito puede reducir la producción de CH_4 entre el 30-90 % sin perjudicar la digestibilidad de la dieta. Sin embargo, el empleo de estos compuestos a nivel práctico aún no es posible porque no están disponibles comercialmente. Otra cuestión importante a considerar es que las reducciones de la producción de CH_4 que potencialmente se obtienen con el empleo de aditivos no van acompañadas de mejoras en la productividad o eficiencia digestiva del animal, lo que sin duda desincentiva el uso por parte del productor.

Desde el año 2006, la UE ha prohibido el uso de antibióticos como promotores del crecimiento en la actividad ganadera para reducir los riesgos asociados a la aparición de resistencias microbianas a antibióticos. Esto ha supuesto el desarrollo de alternativas a base de extractos de plantas o aditivos fitogénicos, cuyo uso se ha extendido de manera notable en la alimentación de rumiantes. Esta categoría de aditivos incluye una gran variedad de compuestos como flavonoides, terpenos, taninos, saponinas, etc. y que ejercen acciones muy diversas sobre la fermentación ruminal. En algunos casos, los compuestos inhiben la acción de protozoos y algunas arqueas como es el caso de los taninos y saponinas¹⁶. El empleo más extendido es el de mezclas de aceites esenciales de plantas que ejercen una acción moduladora de la fermentación ruminal, que en ocasiones deriva en una mayor producción

13 VARGAS *et al.* (2020).

14 MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ *et al.* (2013).

15 ROQUE *et al.* (2021).

16 HART *et al.* (2008).



de propionato en el rumen, lo que resulta en menor H_2 disponible para la producción de CH_4 . En estos casos se consiguen reducciones de alrededor del 10-15 % de la producción de CH_4 y un incremento en la productividad del animal¹⁷. Sin embargo, es importante señalar que el efecto de inhibición de la metanogénesis a partir de estos aditivos no es equivalente para todo tipo de dietas¹⁸.

En producción de monogástricos, las emisiones de CH_4 son menos relevantes que en rumiantes. Mientras que en producción de aves estas son prácticamente despreciables, en producción de porcino las emisiones de CH_4 procedentes del purín pueden tener cierta importancia. Varios trabajos indican que estas emisiones podrían estar relacionadas con el nivel de fibra y grasa de los piensos y, por ende, de las deyecciones¹⁹, aunque esta relación no es clara y se necesitan más estudios para verificarla. Por un lado, Torres-Pitarch *et al.* (2014) sugiere que la utilización de piensos fibrosos que incorporan harina de colza podría reducir el potencial de emisión de CH_4 de las heces, debido a que el potencial metanogénico de la fibra es menor que el de otros nutrientes. Sin embargo, otros estudios no detectan diferencias claras entre la utilización de piensos fibrosos con harina de colza y DDGS y piensos convencionales²⁰. Por otro lado, Antezana *et al.* (2015) sugiere que la incorporación de fuentes de grasa poco digestibles en el pienso y el aumento de la concentración de grasa en las deyecciones puede dar lugar a un aumento de la producción de CH_4 a partir de los purines porcinos, al contrario de lo que ocurre a nivel de rumen, en el que un aporte de grasa inhibe algunas poblaciones bacterianas y la producción de CH_4 a nivel entérico²¹. El número de estudios en porcino es todavía muy reducido para poder establecer una relación clara entre la alimentación y las emisiones de CH_4 , y es necesario continuar las investigaciones para poder establecer estrategias alimentarias de reducción de la producción de CH_4 a partir de los purines porcinos.

3. Estrategias encaminadas a reducir la excreción de Nitrógeno

La ganadería es una importante fuente de emisión NH_3 asociada principalmente a los purines y estiércol de los animales²². En ganadería intensiva de monogástricos como el porcino o las aves, debido a su intensificación, la gestión de las deyecciones puede representar un problema medioambiental grave si esta no se hace adecuadamente, especialmente en las zonas de elevada carga ganadera del país. Los principales contaminantes asociados a la producción de purines y estiércoles son su elevada carga de materia orgánica y N, con efectos potencialmente perjudiciales sobre los niveles de nitratos en los acuíferos, la acidificación del suelo, la eutrofización de las aguas superficiales y las emisiones de NH_3 derivadas.

17 BELANCHE *et al.* (2020).

18 BEENCHAR *et al.* (2011).

19 TORRES-PITARCH *et al.* (2014); ANTEZANA *et al.* (2015) y ANTEZANA *et al.* (2017).

20 JARRET *et al.* (2011).

21 MÖLLER *et al.* (2014).

22 EAA (2017).



La cantidad de N excretado por los animales monogástricos depende, principalmente, de la cantidad de N ingerido, la calidad/digestibilidad del N ingerido y la eficiencia de utilización de proteína por parte de los animales. Datos actualizados del balance alimentario de N publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente en 2017²³ estiman que alrededor de un 65 %, 69 % y 76 % del N ingerido es excretado en porcino blanco, aves de puesta y «broilers», respectivamente. Este porcentaje se ha reducido con respecto a años anteriores debido a la reducción del nivel de proteína de los piensos y el aumento de la retención de N por parte de los animales, entre otros. Del total de N excretado, una parte se emite a la atmósfera en forma de NH_3 . El NH_3 proviene mayoritariamente de la urea urinaria que se mineraliza a NH_3 cuando entra en contacto con la enzima ureasa presente en las heces. Por el contrario, el N fecal se encuentra en forma de N orgánico y su paso a NH_3 es más lento debido a que los microorganismos de las heces deben asimilarlo y metabolizarlo primero.

Dada la estrecha relación que existe entre la alimentación y las emisiones de NH_3 en animales monogástricos, en los últimos años se han identificado diferentes estrategias alimentarias capaces de reducir ambas, la excreción de N y las emisiones de NH_3 derivadas. Algunas de ellas se han establecido como medidas de mitigación de las emisiones en la Decisión de Ejecución de la Comisión Europea 1017/302 publicada en 2017 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo²⁴ sobre producción intensiva de porcino y aves. Las estrategias identificadas más importantes son:

- a) Las emisiones de NH_3 del purín pueden ser significativamente reducidas con la reducción del aporte de proteína en el pienso. El contenido en proteína y N de los piensos modifica la cantidad de N excretado, principalmente la fracción excretada en forma de urea que, además, es la fracción más estrechamente relacionada con las emisiones de NH_3 . Tanto en aves como en porcino se calcula que por cada 10 g/kg de reducción de la proteína de la dieta se reducen en un 10-11 % las emisiones de NH_3 ²⁵. Hoy en día, la elevada disponibilidad de aminoácidos sintéticos en el mercado nos permite reducir el nivel de proteína de los piensos hasta mínimos de 17 y 13 % en piensos de aves y porcino acabado²⁶ sin penalizar los rendimientos productivos, si se realiza un ajuste correcto de los aportes de aminoácidos. Además, una reducción del nivel de PB de los piensos está relacionado con una mejora de la salud intestinal, un tema muy presente hoy en día debido a la reducción del uso de antibióticos.
- b) Aumentar la digestibilidad de la proteína o N en la dieta es una vía para reducir las emisiones de NH_3 del purín. La digestibilidad de la proteína o N de un pienso dependerá, básicamente, del tipo de proteína y la composición del pienso. Según se observa en las tablas FEDNA (2019), la indigestibilidad fecal aparente de la proteína varía enormemente según el ingrediente utilizado, desde un 15 % en ingredientes habituales (granos de cereales y harina de soja) hasta un 40-50 % en subproductos fibrosos (DDGS, pulpa de aceituna, bagazo de cerveza, cascarilla de soja o pulpa de remolacha). La mayoría de estas variaciones se

• • • • •
²³ MAPAMA (2017).

²⁴ COMISIÓN EUROPEA (2007).

²⁵ GOMIDE *et al.* (2011) y SAJEEV *et al.* (2018).

²⁶ BELLOIR *et al.* (2017) y WANG *et al.* (2019).



deben a diferencias en la proporción ligada a la pared celular. En este sentido, ingredientes con una elevada cantidad de proteína y aminoácidos dañados por el calor o ligados a fibra, como puede ocurrir en algunos subproductos derivados de procesos industriales, pueden mostrar una menor digestibilidad de la proteína y N. Debido a la gran variabilidad que existe en digestibilidad de nutrientes, especialmente proteína y aminoácidos, numerosos autores recomiendan basar la formulación de piensos en nutrientes digestibles en lugar de totales. De este modo, es posible ajustar mejor los aportes de los piensos a las necesidades reales de los animales y reducir la cantidad de N excretado. Esta estrategia forma parte de la llamada nutrición de precisión, que está cobrando cada vez más importancia como vía para optimizar el uso de nutrientes y aumentar la sostenibilidad ambiental de la ganadería. Numerosos trabajos demuestran que, aplicando una nutrición de precisión, la excreción de nutrientes, N entre ellos, se reduce y la eficiencia de utilización aumenta²⁷. Por otro lado, un nivel elevado de fibra en los piensos puede modificar la velocidad de tránsito de los alimentos y reducir la digestibilidad del N y otros nutrientes. En este sentido, trabajos de nuestro propio grupo de investigación indican que la excreción de N y las emisiones de NH₃ en porcino están positivamente relacionadas no sólo con la cantidad de N sino con la proporción de lignina en el pienso²⁸.

- c) La incorporación de ingredientes ricos en carbohidratos fermentables (pulpa de remolacha, pulpas de fruta o la cascarilla de soja entre otros) en los piensos puede dar lugar a una reducción de la partición N orina: N heces y de las emisiones de NH₃ a partir de las excretas²⁹. La hipótesis más sostenida es que, a igualdad de ingestión de N, la fermentación de esta fibra a nivel del intestino grueso provoca una mayor proliferación bacteriana que absorbe parte del N dietario para transformarlo en proteína microbiana (N orgánico), reduciéndose la cantidad de N que es eliminado por orina (N mineral). Además de este efecto, el incremento de la tasa de fermentación bacteriana y la mayor producción de ácidos grasos volátiles (AGV) asociada puede resultar en una disminución del pH de las heces (0,12 unidades por cada 100 g de incremento de la ingestión de polisacáridos no amiláceos)³⁰, lo que adicionalmente también contribuiría a reducir las emisiones de NH₃. Estudios recientes indican que este efecto en la partición del N se puede observar también con la inclusión de fibra menos fermentable como la de la pulpa de garrofa³¹.
- d) Un aumento de la retención y eficiencia de utilización de N por parte de los animales puede reducir la excreción de N. Un desequilibrio entre los diferentes nutrientes de un pienso como, por ejemplo, la energía y los diferentes aminoácidos puede llevar a una reducción de la retención de N por parte del animal. Por otro lado, estudios recientes apuntan a que el uso de ciertas enzimas exógenas en porcino y aves tales como las fitasas y proteasas, son capaces de mejorar la eficiencia de utilización del N por parte de los animales³². El mecanismo de

• • • • •
²⁷ Revisado por POMAR y REMUS (2019).

²⁸ ANTEZANA *et al.* (2016).

²⁹ CAHN *et al.* (1998) y BECACCIA *et al.* (2015).

³⁰ CANH *et al.* (1998b).

³¹ BECACCIA *et al.* (2015).

³² DERSJANT-LI *et al.* (2020) y YU *et al.* (2020).



acción de estos últimos parece responder a una liberación del N atrapado en la matriz de nutrientes de los alimentos. Sin duda, este aspecto va a seguir siendo explorado en los próximos años por su potencialidad, especialmente en Europa, donde las fuentes de proteína para alimentación animal se espera que cambien bastante su naturaleza a corto plazo.

Por todo ello, es evidente que es posible reducir la excreción de N y las emisiones de NH_3 en la cría de monogástricos a través de la alimentación. En la práctica, mientras que algunas de las estrategias propuestas como la reducción de N en los piensos ya están implantadas a nivel generalizado en el sector de aves y cerdos, otras como la formulación con nutrientes digestibles o el uso de enzimas exógenas para mejorar la retención de N están en vías de serlo en un futuro próximo.

4. Fuentes alternativas de alimentos para incrementar la circularidad

Tal y como se ha indicado en apartados anteriores de este capítulo, además de la fermentación entérica y el manejo de las deyecciones, una de las fuentes más importantes de contaminación ambiental asociada a la ganadería es el consumo de materias primas para la fabricación de pienso. Según las estimaciones de los datos de producción de pienso publicados por FEFAC respecto a 2019, España ocupa el primer lugar en la UE. La producción total de piensos en España alcanzó durante 2019 las 37.415.629 t. Por especies de abasto, la producción se reparte proporcionalmente de la siguiente manera: porcino 46,6 % (17.435.838 t), bovino 21,9 % (8.186.476), avicultura 19,6 % (7.336.194 t), ovino y caprino 5,4 % (2.026.517 t) y conejos 1,1 % (395.899 t). La producción de materias primas como los cereales o la soja para la fabricación de piensos tiene un elevado impacto ambiental en la producción animal intensiva y es una de las claves para la reducción de la huella de carbono asociada a los productos animales. El cambio en el uso del suelo con masas forestales que pasan a tierras de cultivo de cereales y oleaginosas, conlleva una pérdida de sumideros de dióxido de carbono (CO_2) y se traduce en mayores emisiones de GEI atribuibles a la producción ganadera, además de un consumo de recursos hídricos importante³³. En este sentido es especialmente relevante el impacto ambiental de las fuentes de proteína de las que Europa es deficitaria, en especial la producción de harina de soja. La UE tiene la necesidad de importar el 64 % de las harinas de oleaginosas (soja, colza y girasol, entre otras) utilizadas como fuentes de proteína para alimentación animal, principalmente alimentación de porcino y aves, según indica el primer balance proteico para alimentación animal de la campaña 2019/2020 presentado por la Comisión Europea en 2021. Esta circunstancia incrementa el coste ambiental de la fabricación de piensos y también la dependencia de países terceros en cuanto a disponibilidad y volatilidad de los precios. Además, los cereales y la soja son ingredientes que compiten directamente con la alimentación humana³⁴ y que, en un escenario de escasez de recursos, serán cada vez menos competitivos en alimentación animal.

• • • • •

³³ NIJDAM *et al.* (2012).

³⁴ WILKINSON (2011).



La utilización de materias primas alternativas en alimentación animal que no compiten con la alimentación humana, tales como los subproductos de la industria agroalimentaria y energética, contribuye a reducir el impacto ambiental de la ganadería y, en ocasiones, los costes de alimentación. Los subproductos de la industria agroalimentaria y energética son productos secundarios de una actividad principal y en su obtención no se emplean tierras de cultivo. Simplemente por su condición de subproducto y porque en ocasiones se producen en zonas próximas a su uso, su aprovechamiento en alimentación animal contribuye al desarrollo local de la ganadería y a reducir la huella de carbono en el producto final³⁵, además de ser una vía de eliminación de «residuos» para las industrias. En este sentido, la Unión Europea establece una jerarquía de uso de los subproductos en la que la alimentación animal ocupa el tercer lugar, después del no residuo y la alimentación humana (Figura 1). Algunos de los subproductos agroindustriales más importantes en España, por su tradición agrícola, son los subproductos de la industria olivarera y de producción de zumo, restos de podas y frutales, así como la agricultura de invernadero que potencialmente son utilizables en alimentación animal³⁶. Por otro lado, en el afán de reducir la dependencia de la UE por la harina de soja, en Europa se está potenciando el cultivo de otras oleaginosas como la colza o camelina, cuyos subproductos –de la industria energética, básicamente– pueden también constituir una fuente de proteína importante. La reutilización/valorización de estos subproductos locales en alimentación animal forma parte del concepto de «economía circular» basado en el reciclaje de materiales con el fin de cerrar los ciclos de nutrientes, que promueve la Comisión Europea con fines medioambientales y económicos en su Plan de Acción para la Economía Circular. Sin embargo, la provisión de subproductos derivados de estas actividades es variable y depende del precio de los combustibles fósiles, por lo que el problema de las fuentes de proteína en la UE es recurrente. Muestra de ello es el interés del sector por la búsqueda de ingredientes alternativos capaces de aportar proteína a las raciones para alimentación animal de manera sostenible tales como la harina de insectos, las microalgas o los aislados de proteína microbiana. Estos ingredientes producidos en el ámbito local pueden, sin duda, llegar a convertirse en fuentes de proteína importantes para alimentación animal y humana en el futuro³⁷.

Por lo tanto, la reutilización de subproductos agroindustriales y de la industria energética, y el uso de materias primas alternativas más sostenibles en alimentación animal constituyen una alternativa útil para promover la eficiencia del sector ganadero y reducir su impacto ambiental. Sin embargo, el uso de estos subproductos puede en ocasiones presentar limitaciones y riesgos relacionados con el alto contenido en agua, su valor nutricional y el posible contenido en factores antinutricionales o elementos tóxicos. Una nueva Orden Ministerial³⁸ sobre las condiciones en las que los residuos de producción de la industria agroalimentaria pueden considerarse subproductos aptos para alimentación animal, vela por controlar los efectos de su uso sobre la salud humana y el medioambiente. Aun considerándose seguros, la mayoría de subproductos agroindustriales poseen un elevado contenido en fibra o factores antinutricionales como taninos o glucosinolatos, que pueden reducir la digestibilidad de los nutrientes, especialmente el de la proteína³⁹. Además, están expuestos a una elevada variabilidad relacionada con el proceso de obtención o a una estacionalidad que puede limitar su uso comercial en fábricas

• • • • • • • • • •

³⁵ DEL PRADO *et al.* (2013) y SALEMDEEB *et al.* (2017).

³⁶ FERRER *et al.* (2018) y FERRER *et al.* (2021).

³⁷ SÁNCHEZ-MUROS *et al.* (2014) y BONEY y MORITZ (2017).

³⁸ Orden APM/189/2018, de 20 de febrero, por la que se determina cuando los residuos de producción procedentes de la industria agroalimentaria destinados a alimentación animal, son subproductos con arreglo a la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

³⁹ SCHOFIELD *et al.* (2001).



de pienso. La naturaleza fibrosa de estos ingredientes y su presentación (húmedo vs. deshidratado) puede hacer que su uso se derive más hacia alimentación de rumiantes o monogástricos.

Figura 1.
Jerarquía de uso de los subproductos



Fuente: adaptado de European Commission Joint Research Centre (2020).

4.1. Rumiantes

Los sistemas de producción de rumiantes de España tradicionalmente han tratado de incorporar subproductos de la industria agroalimentaria en la dieta de los animales, pero generalmente de manera muy localizada, esencialmente por las limitaciones de transporte de material muy húmedo, su conservación y la falta de conocimiento detallado del valor nutritivo. Por ejemplo, las tablas de valor nutritivo FEDNA solo incluyen las características de 12 subproductos de la industria agroalimentaria. A pesar de ello, son numerosos los trabajos que han mostrado el potencial de inclusión de subproductos en la alimentación de rumiantes para reducir el coste de la ración como, por ejemplo, pulpa de cítricos⁴⁰, ensilado de alcachofa o de tomate⁴¹ o alperujo de aceituna⁴². Sin embargo, la información científica sobre el beneficio ambiental de su uso es muy escasa. Pardo *et al.* (2016) mostraron que la inclusión de ensilado de residuos de tomate en sustitución de heno de avena en la dieta de caprino lechero resultó en una disminución del 12-19 % de las emisiones de GEI por kg de leche producida. Esta bajada se debe fundamentalmente a la reducción de las emisiones de N₂O asociadas a la fertilización del suelo para la producción de avena. El potencial de reducción de

• • • • •

⁴⁰ BAMPIDIS y ROBINSON (2006).

⁴¹ ARCO-PÉREZ *et al.* (2017).

⁴² MOLINA-ALCAIDE y YÁÑEZ-RUIZ (2008).



la huella de C va a depender de dos factores fundamentalmente, el ingrediente o ingredientes que sean sustituidos y el porcentaje de inclusión del subproducto en la dieta. Así, Salami *et al.* (2009) estimaron, empleando el modelo GLEAM, que en vacuno y ovino de carne se puede reducir la huella de C del producto hasta el 20 %, con porcentajes de inclusión de subproductos agroalimentarios en la dieta de hasta el 50 %.

4.2. Monogástricos

En monogástricos, la proporción de subproductos agroindustriales en los piensos ha ido aumentando en los últimos años, especialmente en porcino. A diferencia del sector rumiantes, en porcino y aves se utilizan sobre todo subproductos deshidratados debido a los sistemas de alimentación actuales. El uso en húmedo sería posible y recomendable en sistemas de alimentación líquida, todavía minoritarios en España. Algunos de los subproductos agroindustriales locales (a escala europea) más habituales en piensos de porcino son los procedentes del procesado de los cereales y panadería –harina zootécnica, cilindro, gluten de maíz (*corn gluten feed*), harina de gluten de maíz (*corn gluten meal*), harina de galleta. . . – y los subproductos de oleaginosas como la harina/torta de colza o girasol, entre otros. Sin embargo, estudios recientes indican que otros subproductos agroindustriales mayoritarios en España como la pulpa de aceituna, pulpa cítrica, el bagazo de cerveza o la torta de camelina son ingredientes potenciales en alimentación de porcino⁴³. Varios estudios en la literatura han demostrado que la obtención de materias primas para la fabricación de piensos es un factor determinante en la huella de carbono de la carne de porcino y aves, representando entre el 58 y el 85 % de la huella de carbono de estos productos⁴⁴. Son numerosos los trabajos científicos que aportan información sobre el impacto ambiental de una gran variedad de materias primas utilizadas en piensos a través del cálculo del ciclo de vida⁴⁵. En este sentido, Wilfart *et al.* (2016) considera que los subproductos provenientes directamente del campo o de las industrias son ingredientes de bajo impacto ambiental en los piensos, debido a la baja necesidad de *inputs* que tiene el sistema para su producción. También Noya *et al.* (2016) y Tallentire *et al.* (2017) sugieren que la utilización de subproductos, especialmente si se trata de subproductos de proximidad y sustituyen otras materias primas con mayor impacto ambiental, pueden considerarse estrategias viables para reducir la huella ambiental de la producción de carne de cerdo y aves. Sin embargo, el potencial de reducción está asociado a la zona geográfica que se considere.

En Europa, esta reducción de la huella de carbono de los productos cárnicos es especialmente importante cuando se plantea la sustitución de la harina de soja por otras fuentes de proteína locales como la harina de colza o de girasol, debido a la actual necesidad de importación de soja y su relación con la deforestación⁴⁶. Además, a nivel general, se establece que cuanto mayor sea la variedad de materias primas disponibles, mayor será la capacidad de cada región para aumentar la sostenibilidad de los piensos⁴⁷.

• • • • •
⁴³ FERRER *et al.* (2019, 2020 y 2021).

⁴⁴ DOURMAD *et al.* (2014) y NOYA *et al.* (2016).

⁴⁵ WILFART *et al.* (2016); GARCÍA-LAUNAY *et al.* (2018).

⁴⁶ VAN DER WERF *et al.* (2005); TALLENTIRE *et al.* (2017) y GARCÍA-LAUNAY *et al.* (2018).

⁴⁷ TALLENTIRE *et al.* (2017).



No obstante, para optimizar el impacto global del uso de subproductos en alimentación de monogástricos es necesario conocer su contenido en nutrientes digestibles y el nivel máximo de inclusión en los piensos. Debido a su habitual elevado contenido en fibra un mal uso podría comprometer la digestibilidad de los nutrientes y los rendimientos productivos de los animales, convirtiendo las posibles ventajas ambientales en desventajas. Por otro lado, es importante tener en cuenta que este elevado contenido en fibra podría conferirles beneficios importantes a nivel metabólico y de salud intestinal⁴⁸, en especial en las etapas más vulnerables de la cría.

5. Conclusiones

En el campo de la alimentación animal existe un amplio rango de medidas que se pueden implantar para reducir la huella ambiental de la ganadería y que cubren aspectos tanto del racionamiento diario en la granja (p. ej., ajuste del nivel de proteína, mejora de la calidad del forraje, empleo de aditivos alimentarios) como de la elección de los ingredientes y el empleo de subproductos de la industria agroalimentaria. En su conjunto, estas medidas pueden contribuir a reducir las emisiones entre un 10 % y un 20 %.

Referencias bibliográficas

AGYEKUM, A. K. y NYACHOTI, M. (2017): «Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding High-Fiber Diets to Swine: A Review»; *Engineering* 3(5); pp. 716-725.

ANTEZANA JULIÁN, W. O. (2016): *Análisis de los factores que influyen en las emisiones de amoníaco y metano de purines porcinos: composición del purín y factores nutricionales*. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/68050>.

ANTEZANA, W.; CALVET, S.; FERRER, P.; GARCÍA-REBOLLAR, P.; DE BLAS, C. y CERISUELO, A. (2016): «How does nutrient intake affect ammonia emission from slurry in pigs?»; en 67th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP). Irlanda, Belfast.

ARCO-PÉREZ, A.; RAMOS-MORALES, E.; YÁÑEZ-RUIZ, D. R.; ABECIA, L. y MARTÍN-GARCÍA, A. (2017): «Nutritive evaluation and milk quality of including of tomato or olive by-products silages with sunflower oil in the diet of dairy goats»; *Animal Feed Science and Technology* 232; pp. 57-70.

BAMPIDIS, V. M. y ROBINSON, P. H. (2006): «Citrus by-products as ruminant feeds: A review»; *Animal Feed Science and Technology* 128; pp. 175-217.

•••••

⁴⁸ AGYEKUM y NYACHOTI (2017).



BECCACCIA, A.; CALVET, S.; CERISUELO, A.; FERRER, P.; GARCÍA-REBOLLAR, P. y DE BLAS, C. (2015): «Effects of nutrition on digestion efficiency and gaseous emissions from slurry in growing-finishing pigs. I. Influence of the inclusion of two levels of orange pulp and carob meal in isofibrous diets»; *Animal Feed Science and Technology* 208; pp. 158-169.

BELLOIR, P.; MÉDA, B.; LAMBERT, W.; CORRENT E.; JUIN, H.; LESSIRE, M. y TESSERAUD, S. (2017): «Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization»; *Animal* 11; pp. 1-9.

BONEY, J. W. y MORITZ, J. S. (2017): «The effects of Spirulina algae inclusion and conditioning temperature on feed manufacture, pellet quality, and true amino acid digestibility»; *Animal Feed Science and Technology* 224; pp. 20-29.

CAHN, T. T.; SUTTON, A. L.; AARNIK, A. J. A.; VERSTEGEN, A. W. A.; SCRAMA, J. W. y BAKKER, G. C. M. (1998): «Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs»; *Journal of Animal Science* 76; pp. 1887-1895.

CAMBRA-LÓPEZ, M.; GARCÍA REBOLLAR, P.; ESTELLÉS, F. y TORRES, A. (2008): «Estimación de las emisiones de los rumiantes en España: el factor de conversión de metano»; *Arch. Zootec.* 57; pp. 89-101.

DEL PRADO, A.; MAS, K.; PARDO, G. y GALLEJONES, P. (2013): «Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain»; *Science of the Total Environment* 465; pp. 156-165.

DERSJANT-LI, Y.; ARCHER, G.; STIEWERT, A. M.; BROWN, A. A.; SOBOTIK, E. B.; JASEK, A.; MARCHAL, L.; BELLO, A.; SORG, R. A.; CHRISTENSEN, T.; KIM, H. S.; MEJLDAL, R.; NIKOLAEV, I.; PRICELIUS, S.; HAANING, S.; SØRENSEN, J. F.; DE KREIJ, A. y SEWALT, V. (2020): «Functionality of a next generation biosynthetic bacterial 6-phytase in enhancing phosphorus availability to broilers fed a corn-soybean meal-based diet»; *Animal Feed Science and Technology* 264; <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114481>.

DOURMAD, J. Y.; RYSCHAWY, J.; TROUSSON, T.; BONNEAU, M.; GONZALEZ, J.; HOUWERS, H. W. J.; HVIID, M.; ZIMMER, C.; NGUYEN, T. L. T. y MORGENSEN, L. (2014): «Evaluating environmental impacts of contrasting pig farming systems with the life cycle assessment»; *Animal* 8.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2017): «European Union emission inventory report 1990-2015 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)»; *EEA Report 9(2017) Feed Science and Technology*; pp. 124.

FAO (2010): *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: A Life Cycle Assessment*; Italia, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FEDNA (2019): «Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (4.ª edición)»; en DE BLAS, C.; GARCÍA-REBOLLAR, P.; GORRACHATEGUI, M. y MATEOS, G. G. Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; pp. 604.



FERRER, P.; CALVET, S.; GARCÍA REBOLLAR, P.; DE BLAS, C.; JIMÉNEZ-BELENQUER, A. I.; HERNÁNDEZ, P.; PIQUER, O. y CERISUELO, A. (2020): «Partially defatted olive cake in finishing pig diets: implications on performance, faecal microbiota, carcass quality, slurry composition and gas emission»; *Animal* 14(2); pp. 426-434.

FERRER, P.; GARCIA-REBOLLAR, P.; CALVET, S.; DE BLAS, C.; PIQUER, O.; RODRIGUEZ, C. A. y CERISUELO, A. (2021): «Effects of Orange Pulp Conservation Methods (Dehydrated or Ensiled Sun-Dried) on the Nutritional Value for Finishing Pigs and Implications on Potential Gaseous Emissions from Slurry»; *Animals* 11; pp. 387.

FERRER, P.; GARCÍA REBOLLAR, P.; CERISUELO, A.; IBÁÑEZ, M. A.; RODRÍGUEZ, C. A.; CALVET, S. y DE BLAS, C. (2018): «Nutritional value of crude and partially defatted olive cake in finishing pigs and effects on nitrogen balance and gaseous emissions»; *Animal Feed Science and Technology* 236; pp. 131-140.

FERRER, P.; PIQUER, O.; GÓMEZ, E. A.; GASA, J.; CANO, J. L. y Cerisuelo, A (2019): «Valor nutricional de los subproductos de camelina sativa en porcino: resultados preliminares»; *Libro de abstracts de las XVIII Jornadas sobre Producción Animal* 7-8 de mayo. España, Zaragoza; pp. 239.

GARCIA-LAUNAY, F.; DUSART, L.; ESPAGNOL, S.; LAISSE-REDOUX, S.; GAUDRÉ, D.; MÉDA, B. y WILFART, A. (2018): «Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds»; *British Journal of Nutrition* 120; pp. 1298-1309. <https://doi.org/10.1017/S0007114518002672>.

GOMIDE, E. M.; RODRIGUES, P. B.; ZANGERONIMO, M. G.; BERTECHINI, A. G.; DOS SANTOS, L. M. y ALVARENGA, R. R. (2011): «Nitrogen, calcium and phosphorus balance of broilers fed diets with phytase and crystalline amino acids»; *Ciência e Agrotecnologia* 35; pp. 591-597.

MACLEOD, M.; GERBER, P.; MOTTET, A.; TEMPIO, G.; FALCUCCI, A.; OPIO, C. *et al.* (2013): *Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains-a global life cycle assessment*. Italia, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE (2017): «Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo»; *Porcino blanco*.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE (2017): «Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo»; *Aves de carne*.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE (2017): «Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo»; *Aves de puesta*.

MOLINA-ALCAIDE, E. y YÁÑEZ-RUIZ, D. R. (2018): «Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A review»; *Animal Feed Science and Technology* 147; pp. 247-264.

NIJDAM, D.; ROOD, T. y WESTHOEK, H. (2012): «The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes»; *Food Policy* 37(6); pp. 760-770.



NOYA, I. I.; ALDEA, X.; GASOL, C. M.; GONZALEZ-GARCÍA, S.; AMORES, M. J.; COLON, J.; PONSÁ, S.; ROMAN, I.; RUBIO, M. A.; CASAS, E.; MOREIRA, M. T. y BOSCHMONART-RIVES, J. (2016): «Carbon and water footprint of pork supply chain in Catalonia: From feed to final products»; *Journal of Environmental Management* 171; pp. 133-143.

POMAR, C. y REMUS, A. (2019): «Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability»; *Animal Frontiers* 9(2); pp. 52-59; <https://doi.org/10.1093/af/vfz006>.

SAJEEV, E. P. M.; AMON, B.; AMMON, C.; ZOLLITSCH, W. y WINIWARTER, W. (2018): «Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis»; *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 110(1); pp. 161-175; <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9893-3>.

SALEMDEEB, R.; ERMGASSEN, E. K. H.; KIM, M. H.; BALMFORD, A. y AL-TABBAA, A. (2017): «Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options»; *Journal of Cleaner Production* 140; pp. 871-880; <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.049>.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G. y Manzano-Agugliaro, F. (2014): «Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review»; *Journal of Cleaner Production* 65; pp. 16-27.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M. y PELL, A. N. (2001): «Analysis of condensed tannins: a review»; *Animal Feed Science and Technology* 91(1-2); pp. 21-40.

TALLENTIRE, C. W.; MACKENZIE, S. G. y KYRIAZAKIS, I. (2017): «Environmental impact trade-offs in diet formulation for broiler production systems in the UK and USA»; *Agricultural Systems* 154; pp. 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.018>.

VAN DER WERF, H. M. G.; PETIT, J. y SANDERS, J. (2005): «The environmental impacts of the production of concentrated feed: The case of pig feed in Bretagne»; *Agricultural Systems* 83; pp. 153-177. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.03.005>.

WANG, Y. M.; YU, H. T.; ZHOU, J. Y.; ZENG, X. F.; WANG, G.; CAI, S.; HUANG, S.; ZHU, Z. P.; TAN, J. J.; JOHNSTON, L. J.; LEVESQUEFS, C. L. y QIAO, Y. (2019): «Effects of feeding growing-finishing pigs with low crude protein diets on growth performance, carcass characteristics, meat quality and nutrient digestibility in different areas of China»; *Animal Science and Technology* 256.

WILFART, A.; ESPAGNOL, S.; DAUGUET, S.; TAILLEUR, A.; GAC, A. y GARCIA-LAUNAY, F. (2016): «ECOALIM: A Dataset of Environmental Impacts of Feed Ingredients Used in French Animal Production»; *PLoS ONE* 11(12); <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167343>.

WILKINSON, J. M. (2011): «Re-defining efficiency of feed use by livestock»; *Animal* 5(7); pp. 1014-22.



YU, J.; YU, G.; YU, B.; ZHANG, Y.; HE, J.; ZHENG, P.; MAO, X.; LUO, J.; HUANG, Z.; LUO, Y.; YAN, H.; WANG, Q.; WANG, H. y CHEN, D. (2020): «Dietary pr—otease improves growth performance and nutrient digestibility in weaned piglets fed diets with different levels of soybean meal»; *Livestock Science* 241; <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104179>.



Manejo del ganado y sostenibilidad

Pol Llonch

Universidad Autónoma de Barcelona

Oscar González-Recio

INIA

Cipriano Díaz

Universidad de Córdoba

Resumen / Abstract

La sostenibilidad es una cualidad que permite que los sistemas productivos puedan satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las futuras en ninguno de sus ámbitos: social, económico y ambiental. En ganadería, esta cualidad implica una relación bidireccional entre los animales y su entorno, y manejada por el ser humano, que también forma parte de este. El manejo de los animales puede determinar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos.

En este capítulo se exploran los principales elementos del manejo que han demostrado tener efectos positivos sobre la productividad y el impacto ambiental. Un aspecto clave para la sostenibilidad de la ganadería es la resiliencia del sistema, que debe ser capaz de soportar retos tan importantes como el cambio climático, la escasez de mano de obra cualificada o la volatilidad del precio de los alimentos.

Existen distintas estrategias de manejo que permiten mejorar la resiliencia de los sistemas ganaderos. La selección genética, la alimentación, el manejo de la salud y el bienestar animal, la reproducción o el manejo de los residuos son aspectos en los que se puede interferir y que determinarán profundamente los sistemas ganaderos y su impacto.

La ganadería es un actor principal sin el cual no puede alcanzarse una seguridad alimentaria para la población mundial. El sector ganadero tiene por delante importantes desafíos como el cambio climático o la seguridad en el abastecimiento de alimentos, para los que necesita el apoyo y el acompañamiento de otros actores como son los consumidores o las administraciones públicas.



Sustainability is the quality of productive systems that allows them to satisfy present needs without compromising future ones in its three components: social, economic and environment. In livestock production, this involves a two-way relationship between animals and their environment, which is managed by humans that are also part of it. Therefore, animal management determines the sustainability of livestock systems.

This chapter explores the main management strategies that have been demonstrated to have positive effects on productivity and environmental impacts. A key aspect of livestock sustainability is the resilience of the system. This system has to withstand significant challenges such as climate change, the scarcity of skilled labour or volatility of feed prices.

There are several management strategies enhancing the resilience of livestock systems. Genetic selection, feeding strategies, management of health and welfare, reproduction and manure management are some examples of practices that can deeply determine livestock systems and their impacts.

Livestock production is a necessary component for global food security. The livestock sector faces important challenges such as climate change or the integrity of the food supply chain. To overcome them, the support of other actors such as consumers and public bodies is essential.

1. Ganadería sostenible: el equilibrio entre la salud animal, humana y del ambiente

El concepto de sostenibilidad persigue actividades o procesos que no comprometan su continuidad en el futuro. La ganadería no se ha escapado de la urgencia de hacerla sostenible, de modo que pueda no solo permanecer en el tiempo, sino incluso ayudar a buscar el equilibrio entre las necesidades de las personas, los animales y el medio donde viven. Si este equilibrio está descompensado, la ganadería se verá amenazada.

Este equilibrio entre personas, animales y el medioambiente, en ganadería se ha abordado desde la perspectiva *One Health* (una sola salud), el cual evidencia una estrecha relación entre la salud animal, humana y el medioambiente. El concepto *One Health*, que nació a principios del siglo XXI de la mano de la FAO, la OIE y la OMS, señala la necesidad de abordar de forma conjunta la salud pública y la sanidad animal, incorporando la visión medioambiental (salud de los ecosistemas). Los efectos del cambio climático y la globalización han ido reforzando la necesidad de este abordaje transversal, al resultar evidente que los fallos de los ecosistemas tienen un impacto sobre las personas y los animales que lo integran.

La ganadería es una actividad que conlleva una interacción permanente entre animales y humanos, por lo tanto, es una actividad especialmente susceptible a la transmisión de enfermedades zoonóticas. Esto es especialmente cierto en circunstancias donde la densidad de animales es más elevada como en la ganadería intensiva. Además de esta interacción entre la salud de los animales y de las personas,



el concepto *One Health* aborda también el papel de la salud de los ecosistemas. Esta relación se sustenta en el hecho de que la calidad del ambiente donde (con)viven las personas y los animales resulta determinante para su salud. En animales salvajes, vertidos de líquidos o emisiones de gases tóxicos han demostrado ser letales para algunas especies. En animales domésticos, como las especies ganaderas, la exposición a un ambiente nocivo tiene efectos sobre su bienestar y productividad, pudiendo incluso causar pérdidas mayores como la muerte. Véase como ejemplo la intoxicación de vacuno alimentado con plantas tratadas con algunos plaguicidas como organofosforados. Sin embargo, esta relación entre el medioambiente y los animales puede ser bidireccional, en el sentido de que una mala gestión de la ganadería puede provocar una disminución de la «salud» ambiental y, de forma indirecta, puede afectar a la calidad de vida de otros animales y de las personas.

La gestión de la ganadería debe pues integrar el concepto *One Health* en su sentido más amplio para promocionar una buena salud del triodo formado por el ambiente, los animales y las personas. Además, debe basarse en criterios de sostenibilidad que garanticen la continuidad de unos ecosistemas saludables, donde la actividad humana —incluida la ganadería— proteja el medioambiente y pueda asegurar la continuidad de estas actividades para nuestras generaciones futuras.

2. Sostenibilidad de los sistemas productivos

La ganadería juega un papel fundamental en el desarrollo de las sociedades como parte del suministro de alimento y de la conservación del medio rural, además de ser un pilar económico para las familias que se dedican a ella. El futuro del sector se debe apoyar en una mejora de la rentabilidad de las granjas que, a su vez, favorezca el establecimiento y la fijación de población en el entorno rural, asegurando el relevo generacional. El sector ganadero debe ir de la mano de soluciones innovadoras y eficaces para afrontar los retos sociales más próximos como, por ejemplo, son la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el mantenimiento de la salud y bienestar de los animales. Hablar de sostenibilidad en ganadería es complejo, ya que es un término que se apoya en tres patas: sostenibilidad económica, sostenibilidad ambiental y sostenibilidad social, y lograr una sin las demás no permitirá que las explotaciones sean sostenibles.

2.1. Económica

El sector primario supone cerca de un 3 % del PIB español y hasta un 10 % si se incluye la industria agroalimentaria y el sector pesquero. Pero, además, este es un sector estratégico, ya que asegura la disponibilidad de alimento en la población. En este sentido, mantener la sostenibilidad económica de la ganadería es la única manera de garantizar su continuidad. De hecho, en la UE, las principales acciones y estrategias de mejora en las granjas puestas en marcha a través de la política agraria comunitaria (PAC) han ido históricamente dirigidas a la mejora de la eficiencia económica. En una situación mundial de alta competitividad, alcanzar esta sostenibilidad en la ganadería sigue siendo una prioridad. Cualquier modificación en los sistemas productivos debe tener en cuenta su impacto en dicha sostenibilidad económica para que el rendimiento no se vea afectado. Si la actividad ganadera



deja de ser rentable para las personas que viven de ella, se puede provocar su abandono y, por tanto, un grave perjuicio sobre los factores ambientales y sociales relacionados.

2.2. Ambiental

El medioambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos externos con los que interactúan los seres vivos. Tiene en cuenta las relaciones entre las especies vivas, el clima y los recursos naturales que afectan a la supervivencia del ser humano y la actividad económica. En este sentido, la ganadería, especialmente la extensiva, está intrínsecamente ligada al medioambiente, ya que ocupa un nicho que interfiere directamente con él en cuanto a espacio y utilización de recursos naturales. De hecho, tiene un importante papel en la conservación de espacios naturales y del paisaje, y en la prevención de incendios.

Por otro lado, una parte importante de la alimentación del ganado proviene de subproductos de materias destinadas al consumo humano y, además, el estiércol es utilizado como abono para los cultivos. Y todo ello contribuyendo para implementar una economía circular que reduzca la necesidad de insumos.

Cuando la ganadería no es gestionada correctamente puede ocasionar un impacto negativo sobre el medioambiente como, por ejemplo, cambios en el uso de tierras, afectaciones a otras especies de animales silvestres o aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Actualmente, la ganadería contribuye en torno al 9 % de las emisiones globales de GEI: el N_2O proviene principalmente de las deyecciones, mientras que el CH_4 se origina en su mayor parte en el sistema digestivo de los rumiantes. La ganadería se enfrenta al importante reto de reducir su impacto en el medioambiente durante los próximos años y para ello es necesario implementar estrategias de manejo y selección que tengan un impacto positivo. La ganadería extensiva, gracias a su importante papel en el secuestro de carbono, es una herramienta primordial para la mitigación del cambio climático.

2.3. Social

Además de ser un suministro de alimento y de proteína de alta calidad, la ganadería es una parte fundamental para la sociedad. Al estar principalmente ligada al campo, esta actividad contribuye a fijar población en el entorno rural y a su desarrollo. Por ello, esta cabaña debe afrontar cambios que la hagan una labor atractiva y rentable para las nuevas generaciones. Durante las últimas décadas ha habido un progresivo abandono de la actividad y poco relevo generacional, provocando un aumento del tamaño de las ganaderías, ya que para poder subsistir, en muchos casos, han tenido que intensificar su producción. El uso de nuevas tecnologías ha contribuido a la adaptación a las circunstancias actuales. En algunos ejemplos, este crecimiento ha dado lugar a las llamadas macrogranjas, que aglutinan una gran cantidad de la actividad en un territorio relativamente reducido. Esta situación tiene sus luces y sus sombras, ya que por un lado, atrae empleo y población, lo que puede traducirse en un crecimiento económico en el futuro, y por el otro, capta las miradas sobre la gestión de residuos o sobreexplotación de recursos. En cualquier caso, el aumento debe ser siempre sostenible en el ámbito medioambiental, pero también en el social, ayudando en el equilibrio y la diversidad social.



Es fundamental transmitir la importancia de la ganadería en el desarrollo del mundo rural al mismo tiempo que se trabaja para hacerla sostenible en el resto de ámbitos. Estos son los retos más difíciles de todos y a los que hay que dedicar mayor esfuerzo para afianzar las tres patas de la sostenibilidad.

3. Objetivos de producción

En ganadería, como en cualquier otra empresa, resulta fundamental tener clara la estrategia comercial que debe seguirse y que va a depender de varios factores. Uno de los más importantes es el mercado, ya que cualquier estrategia empresarial debe contemplar la comercialización de sus productos, que como es natural dependerá en gran medida de la demanda. Esta demanda va a condicionar aspectos como la gestión de la reproducción, la organización de los lotes o el peso vivo de venta. Lógicamente, siempre hay límites por los propios que marca la biología de los animales.

Pongamos un ejemplo de cómo la demanda puede condicionar la biología del sistema productivo. En fechas destacadas –como la Navidad– resultan típicas las reuniones familiares en las que se cocina un cordero. Suponiendo que, en este caso, el encuentro se vaya a producir cenando el día 24 de diciembre, lo lógico es que el cordero encargado al carnicero se haya sacrificado unos días antes, ya que, tras el sacrificio, la canal del cordero debe madurar al menos 24 horas antes de ser distribuida a los mercados (digamos, el 20 de diciembre). Uno de los tipos comerciales de cordero más vendidos en España es el «recental», que suele tener unos tres meses de edad y unos 25 kg de peso vivo –unos 11 kg de canal–, esto quiere decir, en este caso, que el cordero debería haber nacido a mediados de septiembre. Como la gestación en el ganado ovino es de 5 meses, la madre de ese cordero tendría que haberse quedado preñada a mediados de abril. Las ovejas son hembras poliéstricas estacionales de días cortos, lo que significa que su época favorable de cubrición es aquella en la que el fotoperiodo es decreciente. Generalmente, otoño es la mejor época de cubrición en el hemisferio norte. Por tanto, la primavera suele ser una época desfavorable en la que los pequeños rumiantes se encuentran en anestro (falta de celo) estacional; más estricto cuanto más cerca se encuentran de los polos de la Tierra. En España, aunque no es demasiado preciso, ese anestro estacional existe y, por tanto, los ganaderos, en muchos casos, intentan romperlo en base a determinadas prácticas, más o menos, sofisticadas de manejo como la introducción del macho para inducir el celo, o bien mediante el uso de fármacos.

La parte negativa de esta desestacionalización de la reproducción es que exige más recursos humanos y económicos, y no a todos los ganaderos les compensa. De ahí, que no todos tengan los mismos objetivos de producción, aunque estén en el mismo sector.

Se puede observar en el caso descrito, que el mercado condiciona en gran medida el manejo reproductivo en las explotaciones y esto a su vez, da lugar a un sistema de trabajo por lotes que condiciona la alimentación del ganado. Estos tres aspectos: comercialización, manejo reproductivo y alimentación son el día a día de una explotación ganadera; además de otras materias estratégicas como las instalaciones, la gestión de residuos, la genética, la sanidad o la gestión económica. De forma similar y con sus particularidades, otros productos de origen animal también requieren una planificación exhaustiva.



3.1. Estrategia productiva

Los objetivos de producción pueden depender de las características de la explotación o de la motivación del ganadero, pero, desde luego, hay que contar con el mercado para seleccionarlos correctamente. De nada sirve plantear una estrategia productiva que permita el aprovechamiento de unas instalaciones o que pueda satisfacer los gustos o aficiones del ganadero si, después de todo, no es posible comercializar la producción en unas condiciones económicamente sostenibles.

Pero no solo el mercado define la estrategia de producción, sino que existen limitaciones biológicas que dificultan, por ejemplo, la mejora de los índices productivos (fertilidad, prolificidad, mortalidad, ganancia media diaria, etc.). También hay límites éticos que pueden acabar convirtiéndose en restricciones legales (uso de medicamentos como los antibióticos, bienestar animal, residuos contaminantes, etc.). Además, los ganaderos pueden, por decisión propia, apostar por una estrategia de comercialización basada en certificaciones de calidad (de producción ecológica, denominación de origen, indicación geográfica protegida, etc.). Estas certificaciones suelen estar sujetas a normativas homologadas y supervisadas por organismos de control autorizados.

3.2. Resiliencia

La capacidad productiva ganadera, en un contexto de clima cambiante, dependerá en gran medida de la capacidad adaptativa de los sistemas o, en otras palabras, de su resiliencia. En esencia, la resiliencia es un concepto multidimensional que incluye la ambición de aumentar o mantener el nivel actual de rendimiento agroganadero de los sistemas de producción y gestionar los recursos para satisfacer futuras necesidades agrícolas y sociales, al tiempo que se reducen los impactos negativos ecológicos, medioambientales y de salud animal.

Siguiendo una estructura granular, de la unidad más pequeña (el animal) a la más grande (sistema), debemos fijarnos en la resiliencia de los animales. Sin duda, un sistema resiliente necesita animales capaces de adaptarse a desafíos como, por ejemplo, a un clima cambiante. De hecho, este concepto ha ido aumentando su relevancia ante el creciente número de evidencias conforme el clima está cambiando. La resiliencia de los animales depende de varios factores. Quizás, uno de los más relevantes es la selección, pues la genética determinará en gran medida la capacidad adaptativa de los animales como ocurre, por ejemplo, en el caso de las razas autóctonas o locales. Esta información genética y la capacidad adaptativa del animal puede cambiar entre generaciones, o incluso a lo largo de la vida de un animal. En los últimos años han habido importantes avances en investigación que demuestran cómo mediante la selección de los animales se pueden mejorar algunos rasgos que aumentan su capacidad adaptativa. Otras estrategias están relacionadas con la modernización de las instalaciones como la de conseguir alojamientos más confortables (más cálidos o frescos) ante situaciones de estrés térmico. Igualmente, se puede corregir la dieta de los animales para que puedan lidiar mejor con los desafíos. Por ejemplo, en aquellos que viven en condiciones de estrés por calor, la dieta contendrá menos energía para ser menos termogénica, mientras que en contextos fríos la dieta tenderá a ser más energética para provocar el efecto contrario.



A niveles de organización superiores, un desafío importante de la producción animal es ser económicamente competitivo y, al mismo tiempo, mantener la capacidad de hacer frente a los retos sociales y económicos como son las preocupaciones por el impacto ambiental y ético de la producción animal. El desafío económico es un factor limitante para la supervivencia de la producción animal. Si las cuentas no salen, la ganadería será una actividad que tenderá a desaparecer porque las personas que la hacen posible deben, antes que nada, poder ganarse la vida. Pero aun asumiendo que la ganadería es rentable, esta se enfrenta todavía a dos grandes retos mayúsculos como son el medioambiental y el ético. La sociedad, en general, y los consumidores, en particular, demandan unos sistemas productivos que sean respetuosos con el medioambiente. Cada vez son más las evidencias que indican, que adaptando el manejo de los sistemas ganaderos a su contexto ambiental, el impacto de la ganadería puede ser mínimo o incluso beneficioso para el medioambiente. A modo de ejemplo, los sistemas de pastoreo de herbívoros permiten la fijación neta de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, disminuyen el balance de emisiones. Otro de los retos sociales a los que se enfrenta la ganadería es la demanda DE por una producción que vele por el bienestar animal.

En definitiva, un sistema productivo resiliente necesita un manejo adecuado para maximizar la capacidad de adaptación de los animales al medioambiente. Sin embargo, el manejo deberá también buscar la resiliencia a niveles superiores para adaptarse a un contexto económico y social cambiante.

3.3. Mejora genética: rusticidad vs. productividad

La genética tiene una alta influencia sobre la productividad, por tanto, los genes que portan los animales deciden el tamaño, la conformación y el metabolismo, que a su vez determina la productividad del animal y cómo este se adapta o resiste a factores de estrés. También definen otros aspectos relacionados con la eficiencia como el apetito o la composición de la reserva energética en sus tejidos. Las decisiones sobre la elección de los sementales y de la reposición de hembras nos permite modelar el tipo de animales que vamos a tener en las granjas en los próximos años. Esta es una estrategia que tiene un coste relativamente bajo y que, sin embargo, produce cambios de forma permanente y acumulables a lo largo de las generaciones. Pueden ser caracteres relacionados con la conformación, productividad, fertilidad, sanidad, etc. Mediante la selección genética se garantiza que los animales nacidos en el rebaño adquieran combinaciones de genes adecuados al sistema productivo de este. Una combinación de genes adecuada puede hacer que el animal interactúe de forma más favorable con el medio productivo, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad de la ganadería. Sin embargo, es bastante común que los genes relacionados con la productividad lo estén también con la rusticidad, pero en sentido contrario, es decir, podría perjudicarla. La forma de evitar esto es mediante la aplicación de índices de selección y para ello se deben detectar a aquellos animales que portan genes favorables tanto para la resiliencia como para la productividad, y eligiéndolos como progenitores de las siguientes generaciones. Ponderando los caracteres adecuados en un índice de selección se pueden llevar las poblaciones hacia un óptimo intermedio entre productividad y resiliencia.



4. Estrategias de manejo que mejoran la sostenibilidad

4.1. Una buena salud y bienestar animal

Para que una actividad humana sea sostenible debe ser éticamente aceptable. En este sentido, la preocupación de la sociedad por el bienestar animal aparece cuando se cuestiona la aceptabilidad de las condiciones en las que estos viven. Por lo tanto, es un criterio de sostenibilidad en la producción ganadera y cualquier estrategia diseñada para mejorarlo debe tenerlo en cuenta.

El aspecto ético del bienestar animal determina la aceptabilidad de la producción de origen animal, por tanto, si este asunto se transmite de forma adecuada a los consumidores, puede ser una herramienta de mejora para la aprobación y comercialización de los productos y, por consiguiente, contribuir a la sustentabilidad económica. Prueba de ello es el incremento de información sobre bienestar animal que va apareciendo en el etiquetado de productos como la leche o los huevos. Por otro lado, en algunos casos, además de mejorar la calidad (ética) del producto, permite aumentar la eficiencia productiva de la ganadería, añadiendo también valor a la sustentabilidad económica. Uno de los sectores donde el efecto de dichas mejoras en el bienestar animal sobre la productividad se puede visualizar más claramente es en el ganado lechero. Insistiendo en el ejemplo del estrés por calor, la mitigación de estos efectos sobre los animales, ya sea por manejo de la reproducción, la selección genética, el alojamiento o la alimentación, permite un incremento de la producción lechera con resultados evidentes.

La salud es un aspecto crucial en el bienestar animal, de manera que cualquier enfermedad o lesión es incompatible con este. Además, la salud afecta profundamente a la productividad de los animales, ya que si no dispone de ella no podrá nunca llegar a su potencial óptimo, y es, de hecho, una de las mayores causas de pérdidas en la producción ganadera. Hay innumerables ejemplos de esta asociación, pero quizás, el más evidente sea el de las muertes por enfermedad, constituyendo una pérdida productiva. Tanto por el aspecto ético como por el productivo, la salud y el bienestar de los animales son aspectos prioritarios en el manejo de cualquier rebaño.

4.2. Alimentación adecuada a las necesidades

La alimentación es uno de los capítulos más determinantes para una producción animal eficiente. Está determinada por la nutrición, entendida como la composición de los alimentos y por el comportamiento alimentario, o el modo en que son ingeridos. Es bien sabido como la composición del alimento afecta a la productividad y a la eficiencia de los animales. Por ejemplo, un determinado perfil de aminoácidos o un porcentaje concreto de carbohidratos será esencial para un desarrollo adecuado de los animales. Sin embargo, el comportamiento alimentario puede tener también un impacto notable, siendo no solo importante el qué, sino también el cómo.



La forma en que los animales acceden al alimento y lo consumen afecta a su eficiencia productiva. Cada especie tiene unos patrones distintos de comportamiento alimentario que conviene respetar para así conseguir una conversión más eficiente. Además, la selección de alimentos supone una fuente de variación en las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que deben priorizarse las conductas que ayuden a reducirlos. El manejo de la alimentación condiciona también su salud. Por ejemplo, la ingestión rápida y copiosa de alimentos concentrados provoca acidosis en especies como el vacuno. La acidosis ruminal es una causa frecuente de disminución de la producción, además de suponer un importante problema de bienestar.

4.3. Reproducción eficiente y longevidad

La longevidad de los animales afecta directamente a la eficiencia productiva del rebaño, ya que si esta es demasiado corta, el número de animales utilizado debe ser superior, aumentando los costes de recría, lo que impacta negativamente en la sostenibilidad económica. Pero es que, además, este mayor número de animales supone un añadido de las emisiones y de los residuos, lo que incide de forma nociva sobre la sostenibilidad ambiental. Finalmente, ajustar el número de animales necesarios para alimentar a la población también podría suponer una mejora en la aceptación social.

Hay que diferenciar entre longevidad productiva y longevidad funcional:

- a) La longevidad productiva se debe a causas voluntarias y depende del nivel productivo. Cuando disminuye su productividad de forma significativa, el animal es renovado.
- b) La longevidad funcional está determinada por otras causas diferentes a la producción, principalmente por una buena fertilidad y una alta resistencia a sufrir enfermedades.

Es necesario aplicar estrategias de manejo que garanticen una buena reproducción de los animales, así como una adecuada detección de los celos y periodos fértiles, y una aplicación óptima de la cubrición. Cada especie tiene unas necesidades diferentes y conviene tenerlas en cuenta a la hora de aplicar los últimos avances reproductivos. La salud del rebaño es un factor fundamental para mejorar la longevidad y evitar la eliminación prematura de los reproductores. Por supuesto, la alimentación y la genética son también herramientas claves para mejorar estos aspectos tanto a nivel del rebaño como poblacional.

4.4. Alojamiento y bioseguridad

En general, cuanto mayor sea el espacio disponible para los animales, más cómodos se sentirán. No obstante, la dimensión es un bien limitado y debe ser gestionada en función del comportamiento de las diferentes especies y razas, y del sistema de producción. Incluso, determinadas prácticas ganaderas requieren de instalaciones más reducidas que permitan el control de movimientos y la contención como, por ejemplo, una sala de ordeño, una mangada, una ahijadera o un redil.



Un alojamiento confortable es sinónimo de bienestar animal y también de una mejor producción en cantidad y calidad. Por ello, mediante un lugar adecuado, los ganaderos deben asegurarse de que sus animales no pasen hambre o sed, frío o calor excesivos, dolor o enfermedad, estrés o miedo y, por supuesto, que puedan expresar su comportamiento innato. La forma de abordar el cumplimiento de estas premisas depende en gran medida del nivel de intensificación de la explotación. Se puede hablar de dos estrategias de alojamiento claramente diferenciadas: la ganadería extensiva, que se basa en el aprovechamiento de recursos vegetales con animales en pastoreo, y la intensiva, que se basa en la alimentación en pesebre de animales estabulados. Esta sencilla, pero contundente diferencia, condiciona radicalmente su gestión.

El diseño de instalaciones ganaderas presenta dos objetivos principales, por un lado, permitir un elevado nivel de salud y bienestar en los animales y, por el otro, facilitar el trabajo de los cuidadores. Por tanto, pensando en los animales, los espacios deberán ser amplios, limpios, cómodos, bien ventilados, accesibles para el alimento y el agua de bebida, seguros –para impedir la entrada de agentes patógenos– y deben permitir una relación saludable entre congéneres, y desde el punto de vista de sus cuidadores, deberán facilitar la limpieza, permitir el aporte de alimento y agua de bebida, posibilitar el manejo ordenado y tranquilo de los animales y, por supuesto, favorecer la gestión correcta de los residuos generados.

Cumplir con todos estos requisitos supone realizar previamente una inversión que, por ejemplo, en el caso de la producción intensiva es alta y que para amortizarse debe gestionarse de forma rentable, es decir, con una densidad suficiente de animales de razas muy productivas. Sin embargo, este sistema intensificado de producción favorece la aparición y transmisión de patologías sobre estos animales, normalmente menos resistentes, y obliga a los ganaderos a reforzar la bioseguridad (cerramientos perimetrales, control de insectos, roedores y otros animales, control de vehículos y personas, etc.), lo que exige un aumento de la inversión a amortizar. En el caso de las producciones extensivas, el objetivo es el aprovechamiento óptimo de los recursos que proporciona el ambiente y reducir la cantidad de insumos exteriores, buscando un equilibrio sostenible del ecosistema. Para ello, conviene contar con animales más resilientes que, siendo menos productivos, son capaces de adaptarse mejor en situaciones ambientales adversas. El reto es conseguir animales resilientes sin que esto conlleve una pérdida de la eficiencia productiva.

4.5. Carga ganadera y gestión de residuos

La gestión de los residuos ganaderos es claramente distinta entre los dos sistemas de producción (extensivo/intensivo). En el caso de la ganadería intensiva, la gestión del estiércol está ligada a instalaciones costosas y equipos para la recogida, almacenamiento y distribución. En la ganadería extensiva, la problemática es bien distinta, ya que en España es difícil encontrar zonas de pastoreo que soporten de forma sostenible una carga ganadera superior a 0,5 UGM/ha/año. Teniendo en cuenta que el límite para la contaminación por nitrógeno se encuentra en torno a las 2 UGM/ha/año, en un sistema extensivo bien dimensionado, la contaminación por nitratos es poco probable.



Sin embargo, cuando se intensifica el sistema aumentando la carga ganadera, por ejemplo, para buscar mayor rentabilidad, los pastos se ven afectados, resultando menos productivos y, por ello, los animales deberán ser suplementados con piensos y forrajes externos, incrementando con ello el riesgo de sobrepastoreo y erosión.

5. El futuro de la ganadería: la sostenibilidad

La ganadería es un elemento indispensable en nuestra sociedad. Aporta productos necesarios para la alimentación de las personas y genera trabajo y riqueza en zonas rurales. Sin embargo, la forma en que se gestione tendrá un impacto sobre su sostenibilidad. Para conseguir una ganadería que perdure en el tiempo y pueda seguir aportando valor a la sociedad, deberá hacer un uso eficiente de los recursos, además de reducir el impacto negativo sobre las personas, otros animales y el ambiente donde viven. Esto se puede conseguir integrando la actividad ganadera en cada ecosistema, colaborando con otras actividades humanas y creando una economía circular que permita seguir generando riqueza en zonas rurales.

El enfoque *One Health* se erige como una estrategia para alcanzar esta sostenibilidad, promoviendo sistemas de manejo que permitan no solo disminuir las interacciones negativas entre animales, personas y medioambiente, sino que incluso contribuyan a la mejora de cualquiera de estos aspectos. La gestión eficiente y adaptada de la ganadería a un ecosistema puede reducir sus efectos adversos y también mitigar los efectos negativos de otras actividades humanas (agricultura, transporte, etc.). Por ejemplo, una ganadería extensiva integrada en un ecosistema puede contribuir a la fijación neta de gases de efecto invernadero, y, por lo tanto, convertirse en parte de la solución.

Los retos técnicos para conseguir este potencial son enormes y queda un largo camino por recorrer, sin embargo, solo apostando por la sostenibilidad conseguiremos un equilibrio entre producción y conservación.





Manejo de estiércol y purines y sostenibilidad

Pilar Merino

Neiker-País Vasco

Arturo Daudén

CITA-Aragón

Resumen / Abstract

Optimizar la gestión de deyecciones en las explotaciones es un reto del sector que contribuye a dar respuesta a desafíos ambientales, favoreciendo, por tanto, su sostenibilidad tanto en aspectos ambientales como sociales y económicos.

Dada la variedad de sistemas productivos y entornos en que estos se ubican, no es posible proponer una única solución, por lo que resulta necesario para cada caso identificar aquellas estrategias y manejos que, adaptándose a sus características, permitan reducir su impacto ambiental y conservar en lo posible los nutrientes para su uso posterior dentro de un plan de fertilización de cultivos.

En este capítulo se detalla una selección de estrategias y manejos de purines y estiércoles, describiendo los principios en los que se basa su capacidad de minimizar la pérdida de nutrientes e incluso revalorizarlo para su posterior utilización como fertilizante.

Optimising on-farm manure management is a challenge that contributes to increase competitiveness in the livestock sector, favouring sustainability in environmental, social and economic aspects.

Given the variety of production systems and environments in which livestock systems exist, it is not possible to propose a single solution for all of them. It is then necessary to identify those strategies that would reduce environmental impact on each particular case. As a result, nutrients would be available for later use under a crop fertilisation programme.

This chapter details a selection of slurry and manure management strategies, describing the principles underlying their ability to minimise nutrient loss and revalorise them for subsequent use.



1. Introducción

Este capítulo aborda aspectos de la gestión de purines y estiércoles, con el fin de mejorar su aprovechamiento agronómico y disminuir su impacto ambiental en consonancia con las bases de la economía circular y el papel que juega dentro de dicho marco conceptual en la ganadería¹. Optimizar la gestión de deyecciones en las explotaciones es un reto del sector que puede dar respuesta a desafíos ambientales, contribuyendo así a su sostenibilidad. Este enfoque está alineado tanto con el Pacto Verde Europeo como con la Política Agrícola Común (PAC) post-2020, donde se destaca la obtención de alimentos sostenibles con el medioambiente.

El aprovechamiento de las deyecciones ganaderas como fertilizante orgánico se inicia hace 10.000 años en el Neolítico. En la Roma antigua se consideraba el estiércol animal como un recurso, reconociendo su importancia en el desarrollo de la agricultura y ganadería. Incluso existen tratados con indicaciones sobre su manejo, tal y como se señala en Columela (Circa 50 a.C)².

Una gestión adecuada de las deyecciones animales permite mitigar el uso de fertilizante mineral cerrando el ciclo de nutrientes y reduciendo pérdidas de N y P, así como el consumo de energía para la producción de fertilizante mineral. Es por ello que antes de aplicar el purín y el estiércol como fertilizantes conviene conservar el contenido de N y P, para bien ser aprovechados en abonado directo en las dosis, modo y momentos requeridos por el cultivo, o bien para garantizar la máxima recuperación de nutrientes en tratamientos posteriores. El valor fertilizante debe evaluarse no solo respecto a la concentración total de nutrientes, sino considerando su disponibilidad para el cultivo, que dependerá de las condiciones que se tengan lugar en el suelo de los procesos de mineralización, nitrificación, inmovilización o fijación de fósforo.

Conviene diferenciar la eficiencia de nutrientes de los animales con la de todo el sistema productivo. En los animales, parte del N ingerido se excreta –siendo un 45 % del N del alimento retenido por las aves, un 35 % por el porcino, de un 20-30 % por vacuno de leche y un 10-20 % por vacuno de carne–. Sin embargo, en el sistema productivo, la eficiencia en el aprovechamiento del N aumenta con la posibilidad de reciclar dichos nutrientes en los cultivos. No obstante, la eficiencia en el aprovechamiento del N resulta de interacciones complejas, de manera que una mejora en una etapa de la cadena productiva podría ser anulada por un mal manejo en la fase previa o posterior³. Este flujo proporciona oportunidades de aprovechamiento de las deyecciones, aumentando su disponibilidad como recurso y que, además, bien empleado puede reducir su impacto ambiental (Figura 1).

En el aprovechamiento agrícola de las deyecciones animales como fertilizante es trascendente la aplicación de cuatro principios básicos que responden a las preguntas: ¿qué?, ¿cuánto?, ¿cuándo? y ¿cómo? Respuestas coherentes a estas cuestiones nos llevan a destacar la importancia de conocer la composición en nutrientes de las deyecciones, dada su alta variabilidad, a planificar una dosis y un calendario de aplicación adecuados para el cultivo y a utilizar equipos o técnicas de aplicación que eviten la pérdida de nutrientes del suelo.

• • • • •

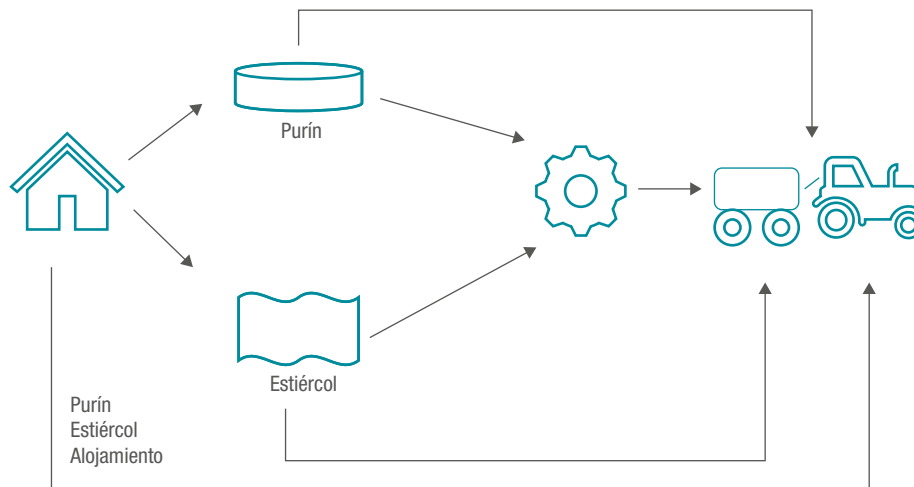
¹ VAN ZATEN *et al.* (2019).

² GONZÁLEZ y RÍOS (2014).

³ FANGHEIRO *et al.* (2021).



Figura 1.
Etapas producción y aprovechamiento agronómico del purín y estiércol



* Se estructura en alojamiento, almacenamiento, tratamiento y aplicación a campo.

En España se producen más de 800.000 t de N en forma de deyecciones ganaderas, de las cuales el 40 % corresponden al ganado vacuno –producción láctea y cárnica–, el 35 % al ganado porcino, el 13 % al avícola y el 12 % al ovino-caprino⁴. El ganado vacuno se concentra principalmente en Castilla y León (22 %), Galicia (14 %), Extremadura (13 %) y Cataluña (10 %), mientras que el ganado porcino lo hace en Aragón (27 %), Cataluña (24 %) y Castilla y León (14 %).

En España, la variedad de zonas productivas existentes, con diferentes densidades ganaderas y condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas (Figura 2), determinan la gestión de las deyecciones como recurso en la explotación. En algunas áreas, la especialización de granjas de producción animal, unida a la concentración regional, puede llevar a un exceso de nutrientes en la zona, principalmente N y P, que pueden liberarse al entorno, pudiendo el N en abundancia –por su mayor movilidad– afectar al suelo, al agua y al aire.

De manera que no es posible proponer una única solución para todas las explotaciones ganaderas. Por tanto, es necesario identificar aquellas estrategias y manejos que, adaptándose a sus características, permitan reducir su impacto ambiental y mantener en lo posible los niveles de nutrientes para su uso posterior dentro de un plan de fertilización de cultivos.

Las deyecciones pueden originarse en zonas con disponibilidad de terreno y con capacidad para asumir la cantidad producida o, por el contrario, en áreas en que la producción de deyecciones sea muy alta para los posibles cultivos receptores, siendo necesario, en este caso, recurrir a acciones que garanticen su aprovechamiento y disminuyan su impacto ambiental. En este sentido, debido al

• • • • • • • •

⁴ EUROSTAT (2019).



elevado contenido en agua de los purines, su transporte hacia zonas deficitarias para su uso agrícola supone un elevado coste, lo que requiere tratamiento previo para contemplar esta acción.

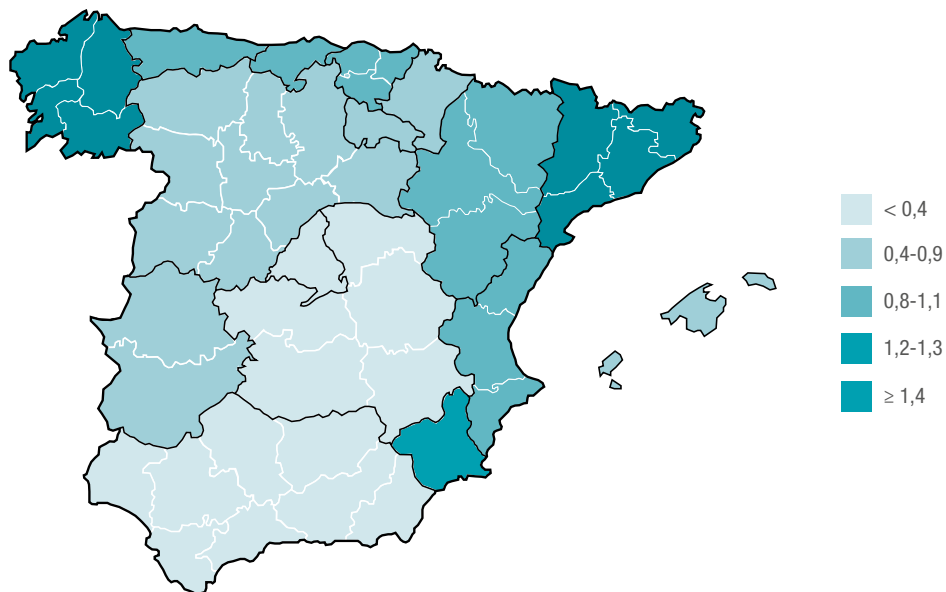
El tratamiento de purín o estiércol, normalmente, no comprende de una sola técnica, sino que engloba una secuencia de diferentes acciones de las cuales la eficacia del proceso y los beneficios medioambientales se pueden ver afectados debido a:

- Las características del purín o del estiércol.
- La idoneidad del tratamiento individual aplicado.

Las medidas deben tomarse desde el inicio productivo, es decir, desde la alimentación del ganado. Las estrategias relacionadas con la alimentación se tratarán en detalle en el apartado 2, que pasamos a desarrollar a continuación.

Figura 2.

Unidades de Ganado Mayor por hectárea de superficie agrícola utilizada



Fuente: Eurostat (2016). Elaboración propia.



2. Alojamiento

2.1. Limpieza regular del suelo y retirada frecuente

Una limpieza frecuente del suelo contribuye a disminuir la superficie de emisión de olores y amoníaco, a la vez que mejora el bienestar animal. Se trata de una práctica ampliamente extendida en alojamientos ganaderos y de fácil implantación, siempre y cuando se disponga de suficiente capacidad de almacenamiento. Dependiendo de la categoría animal y del tipo de alojamiento y suelo, la frecuencia variará, siendo, por ejemplo, de dos veces por semana para avícola de puesta intensiva con cinta y de una vez por semana para los fosos interiores hacia el sistema de almacenamiento exterior en porcino⁵. En vacuno, el uso de arrobadora arrastra las excretas varias veces al día hasta la fosa de almacenamiento.

La menor temperatura a la que se encuentran las deyecciones en el almacenamiento en exterior en comparación con el alojamiento, unido a la presencia de costra natural cuando se den las condiciones para ello, contribuyen a disminuir las pérdidas de nutrientes, siempre y cuando se trate de almacenamiento impermeabilizado en paredes y suelo.

En cuanto a la posible agitación o aparición de turbulencias asociadas al desplazamiento de las excretas desde el alojamiento hasta el almacenamiento, estas pueden dar origen a ciertos picos de emisión de olores, lo cual puede ser un factor a tener en consideración para aquellas explotaciones cercanas a centros de población.

2.2. Material de cama absorbente de orina

Su función principal es actuar de absorbente, reduciendo las emisiones de NH_3 al inmovilizar el N de la orina, si bien las de N_2O podrían aumentar⁶. Existen diferencias en cuanto al tipo de material, cantidad empleada, manejo del mismo y capacidad absorbente⁷. Estas modificaciones afectarán a la estructura física y a la composición química del material retirado. Algunos de los componentes que podemos encontrar son la paja, la colchoneta, los sólidos del separador de purines, la arena, el carbonato cálcico, el serrín, las cascarillas, etc. Es importante que se mantengan lo más limpias y secas posible por razones de salubridad y disminución de emisiones. Las distintas opciones presentan ventajas e inconvenientes que deben valorarse para definir la que mejor se adapte a las necesidades de cada explotación. Esta técnica tiene un coste asociado tanto por la necesidad de compra de material como por su manejo, requiriendo atención especial en los cascos de ganado vacuno por el mayor desgaste que pueden llegar a ocasionar.

• • • • • • • • • •

⁵ SANTONJA *et al.* (2017).

⁶ SANTONJA *et al.* (2017).

⁷ MISSELBROOK y POWELL (2005).



En el caso de la arena se debe considerar la limpieza de la misma y como afecta al manejo del purín en la fosa su acumulación, junto a la afección al suelo fertilizado con la mezcla de purín y arena a medio o largo plazo.

En cuanto a las camas de carbonato cálcico, proporcionan un material de cama higiénica para el ganado, lo que reduce infecciones provocadas por mamitis o infecciones en pezuñas. Al igual que ocurre con la arena, puede dificultar el manejo del purín en la fosa. Por otra parte, su aplicación a campo tiene efecto encalante.

La cama caliente para vacuno de leche consiste en el uso de paja, en cantidad que puede variar de 1 a 5 kg por animal y día. El tamaño de la paja influye en su capacidad de absorción. Esta opción permite obtener un compost o abono sólido de calidad.

Las gomas o colchonetas son otro sistema, que puede aparecer combinado con otros materiales que permitan asegurar cierto grado de secado.

Aún con escasa presencia en la zona norte de España, en vacuno de leche se emplean como cama los sólidos obtenidos tras someter el purín a una separación en sus fracción sólida y líquida. Este sistema se encuentra más extendido en zonas de clima seco. En Estados Unidos y Holanda llevan años utilizándolos y en España se puede encontrar en el sur y Cataluña, con algunos casos en el norte. Presenta ventajas tanto en aspectos de bienestar animal como de gestión de purines y fertilización. Para su correcto manejo intervienen tanto factores de diseño y ventilación de la instalación como de manejo de la cama, siendo importante mantener seca la capa superficial, removiéndola al menos dos veces al día.

Porcino

La evacuación frecuente del purín de las fosas interiores de las naves, ya sea a través del diseño constructivo o del sistema de vaciado, suponen una mejora en el bienestar animal y en la reducción de emisiones de amoníaco y gases invernadero en el alojamiento. Otra opción es la utilización de sistemas mecánicos que permiten evacuar de forma separada la orina y el agua de las heces como pueden ser el fondo de fosa tipo V, con arrobaderas o cintas transportadoras perforadas.

El enfriamiento del purín mediante sistemas de redes de tuberías e intercambiadores de calor permite llegar a una eficiencia en la reducción de emisiones de amoníaco de entre el 45-75 %⁸. Esta técnica es más económica si existe la opción de aprovechar el calor, por ejemplo, para la calefacción de lechones.

• • • • • • • •

⁸ HUYNH *et al.* (2004).



Avícola

Secado de gallinaza

El secado de la gallinaza en la nave de los sistemas intensivos de jaula es una de las técnicas eficaces para reducir tanto su volumen como las emisiones de NH_3 . Se basa en la reducción de la hidrólisis del ácido úrico⁹. El secado puede llevarse a cabo: a) en el interior mediante aireación forzada sobre la cinta en sistemas de jaula o b) en el exterior mediante el aprovechamiento del aire caliente que se extrae de la ventilación para secar la gallinaza dispuesta en un túnel. Como resultado se consigue un producto con mayor materia seca, que puede llegar hasta el 87 % en verano¹⁰, por lo que puede ser más fácilmente transportado y empleado como fertilizante orgánico.

3. Almacenamiento y tratamiento de deyecciones

Si bien existen tecnologías que facilitan el manejo de las deyecciones animales, reduciendo su impacto medioambiental, la adopción de estas técnicas en la práctica es limitada, especialmente en pequeñas explotaciones ganaderas. En un estudio sobre la implantación de tratamientos de purines y estiércoles en el ámbito europeo, Hou *et al.* (2016) determinaron que la separación, el compostaje y la acidificación se encontraban con mayor frecuencia implantados a nivel de explotación; en tanto que el secado, la digestión anaeróbica y la ósmosis inversa tienen lugar principalmente a escala industrial o colectiva.

Como se ha mencionado previamente, la experiencia de las explotaciones individuales está más ligada a un entorno agroganadero concreto y sus decisiones están limitadas principalmente por las condiciones socioeconómicas locales¹¹. Según el objetivo que se quiera alcanzar, se puede optar por una única técnica o una combinación de varias.

3.1. Cubierta

La presencia de una costra natural o una artificial disminuye la emisión de amoníaco y malos olores hasta en un 90 %¹². El proceso de formación de la costra natural se favorece con purines con materia seca alta. En nuestras circunstancias se da preferentemente en purines de vacuno en condiciones de baja agitación, ausencia de precipitación y temperaturas templadas. Es importante que las paredes y la base sean impermeables para evitar pérdidas de nitratos y filtraciones al suelo. Por otra parte, la presencia de una cubierta artificial impermeable evita la entrada de agua de lluvia, lo que es especialmente interesante en zonas de elevada pluviometría. En algunos países europeos como Holanda y Alemania, el uso de una cubierta en la fosa de purín es obligatorio. La instalación de

• • • • • • • • • •

⁹ GROOTKOERKAMP (1994).

¹⁰ ROSA *et al.* (2020).

¹¹ ASAI *et al.* (2014).

¹² HÖRNIG *et al.* (1999).



una cubierta continua de material impermeable (PVC, geomembranas, etc.) para fosas de grandes dimensiones puede suponer un coste elevado. Estos sistemas requieren disponer de salida de gases. Como alternativa más económica existen en el mercado diferentes cubiertas flotantes, que se adaptan a la forma de la superficie de la balsa y pueden ser de material permeable o impermeable (paja, gránulos de arcilla, piezas ensambladas de polipropileno, etc.).

3.2. Almacenamiento estiércol en seco/almacenamiento sólido sobre cemento

Se trata de una de las opciones de almacenamiento más económicas. Consiste en sacar y acumular en el exterior el estiércol o la fracción sólida tras la separación del purín. Un almacenamiento adecuado debe minimizar pérdidas de nutrientes al aire, agua y suelo. Para ello debe asentarse sobre una superficie impermeable, con una ligera pendiente (1-3 %) para permitir su drenaje a una zona de recogida o bien un filtro verde. Cubrirla con una lona de material plástico mitigará olores, emisiones gaseosas y de líquido, y la presencia de insectos.

Durante su almacenamiento tienen lugar procesos de descomposición de la materia orgánica apilada en condiciones anaerobias, dando lugar a una separación lenta de la materia orgánica y malos olores. Se pueden reducir las emisiones gaseosas una vez se ha producido un secado de la capa exterior del estiércol si la pila se mantiene inalterada.

3.3. Compostaje

El material sólido (estiércol o fracciones sólidas de la separación sólido/líquido del purín) almacenado puede dar lugar a la obtención de un compost de interesante aplicación como fertilizante orgánico, siempre que se den las condiciones para que el proceso se desarrolle adecuadamente (humedad, relación C/N, tasa de degradación del carbono y porosidad). Para que tenga lugar la descomposición y estabilización de la materia orgánica en condiciones aerobias se requerirá el suministro de oxígeno de manera regular, bien a través de aireación o bien mediante operaciones de volteo de la pila. Como resultado se obtendrá un producto con menor volumen (40-50 %) e higienizado, debido a las altas temperaturas alcanzadas en su interior.

En el mercado existen equipos de compostaje intensivo para su instalación en la explotación y que permiten reducir considerablemente el tiempo del proceso. Estos equipos deben garantizar que se evita la liberación de lixiviados al medio y que los gases emitidos son depurados. En España se encuentra alguna instalación operativa para el tratamiento de gallinaza.



3.4. Aditivos comerciales

Hay una amplia oferta de productos comerciales cuyo uso en explotaciones tiene como objetivo reducir malos olores, disminuir emisiones de NH_3 , evitar formación de espumas, facilitar el manejo del purín a la hora de vaciar la fosa, etc. Su tipología también es muy variada, pueden ser: complejos de microorganismos y enzimas, extractos de plantas, agentes oxidantes, desinfectantes, inhibidores de la ureasa, acidificantes, sustancias enmascarantes, adsorbentes, biochar, etc. Si bien, habitualmente se comercializan para cumplir una función determinada, muchos de ellos se presentan con funcionalidad múltiple. Se trata de una opción altamente disponible en el mercado, aunque demostrar su eficacia en la mayoría de los casos es difícil. Es sabido que las emisiones de NH_3 pueden disminuir mediante el uso de sustancias acidificantes y adsorbentes. Para su uso a escala real siempre se deben tener en cuenta aspectos relativos a posibles cambios en el manejo del purín, por variaciones en su estructura y/o composición. La eficacia de cada compuesto depende en gran medida de la dosificación correcta, del momento adecuado y de una buena mezcla. En ocasiones es necesario mezclar un gran volumen de estiércol con el aditivo en una fosa o laguna. En estos casos, los resultados obtenidos pueden depender mucho más de la eficacia de la mezcla que del aditivo¹³.

3.5. Separación sólido líquido

La separación de los purines —en una fracción líquida y en otra relativamente sólida— permite concentrar la materia seca, el N y el P orgánicos en la fracción sólida. La líquida contiene la mayor parte del contenido de NH_4^+ -N y potasio (K) del purín original. La separación de la parte líquida de la materia seca mejora la manejabilidad del líquido durante el bombeo y la aplicación al suelo¹⁴. Como otros objetivos de la separación podemos citar: eliminación de sólidos para facilitar el tratamiento biológico del líquido, revalorización de la fracción sólida tras un proceso de compostaje, concentración del purín previamente a la digestión anaerobia, eliminación del exceso de fósforo en el líquido separado, reducción de malos olores, etc. Esta separación puede producirse lentamente por sedimentación natural o de forma acelerada a través del uso de diferentes equipos. La sedimentación es interesante por su bajo coste, siempre y cuando el tiempo de permanencia del purín en la fosa no sea un problema. Existe una amplia gama de separadores de purines en cuanto al procesado como prensas de tornillo, centrífugas, filtros de tambor, etc., que se utilizan actualmente en diferentes escalas de explotación. El grado de separación de los nutrientes entre las fracciones líquida y sólida depende en gran medida de su respectiva solubilidad, de su asociación con las partículas de los purines y de la técnica de separación utilizada¹⁵. Además, con el fin de aumentar la eficiencia, se pueden aplicar varios pretratamientos de los purines que alteran las características químicas y físicas del afluente de separación tales como acidificación, floculación o coagulación.

¹³ FLOTATS *et al.* (2011).

¹⁴ GUILAYN *et al.* (2018).

¹⁵ HJORTH *et al.* (2010).



Para una granja determinada, la selección de la tecnología de separación o la combinación de ellas depende de las características de los purines iniciales y de los objetivos específicos del plan de gestión del estiércol. Los tratamientos a escala industrial con herramientas avanzadas, destinadas a la recuperación de nutrientes a partir de residuos orgánicos, se basan en la separación inicial de los purines y en la producción de dos fracciones con características distintas.

El impacto de la separación de los purines en las emisiones gaseosas depende en gran medida del estiércol crudo, así como de las condiciones de almacenamiento y de la gestión de las fracciones líquida y sólida resultantes. El menor contenido en materia seca de la fracción líquida no generará una costra, por lo que pueden tener lugar emisiones de NH_3 durante el almacenamiento en ausencia de una cubierta. Sin embargo, se facilita su distribución en campo, ya que penetra más rápidamente en las capas inferiores del suelo, lo que supone menores emisiones de NH_3 y olores, aunque es necesario aplicar a dosis requeridas por el cultivo en el momento oportuno, evitando riesgos de lixiviación de nitratos.

3.6. Secado excretas sólidas y peletización

El proceso de secado de estiércol, fracción sólida tras previa separación sólido-líquido del purín o gallinaza, tiene como objetivo facilitar su almacenamiento y manejo, disminuyendo los riesgos de emisiones de amoníaco y olores, y la proliferación de insectos.

La peletización del producto ya secado supone un coste asociado, requiriendo, además, un importante consumo energético. Su ventaja es que facilita su uso en equipamientos de abonado, siempre y cuando se ajuste a los requisitos del equipo que se empleará en su distribución, ampliando su aplicación no solo a fondo, sino también en cobertera.

3.7. Digestión anaerobia

La digestión anaeróbica no es una tecnología que permita reducir la carga de nutrientes ni el volumen de producto final a gestionar, pero tiene otros beneficios ambientales. Además de ser una fuente sostenible de energía renovable, es una tecnología que ha demostrado ser especialmente efectiva para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del estiércol, la emisión de olores, el contenido en patógenos y la viabilidad de semillas de malas hierbas. También, contribuye a la estabilización de la materia orgánica de forma similar al compostaje e incrementa la relación $\text{N}_{\text{amoniaco}}:\text{N}_{\text{total}}$. El digerido resultante es un producto más uniforme que el purín en cuanto a la composición y facilita la aplicación de otros procesos de tratamiento en fases posteriores.

Su aplicación en la propia granja se limita a explotaciones de elevado tamaño por su coste de inversión. En instalaciones de uso colectivo se pueden integrar, además de los purines, otros flujos de estiércoles sólidos, gallinaza o materia orgánica, que incrementan la producción de energía y facilitan su viabilidad económica.



3.8. Tecnologías de recuperación de nutrientes

Las tecnologías de tratamiento con mejor perspectiva de futuro son las que están diseñadas con el objetivo de la recuperación de nutrientes o de incrementar su concentración, de modo que los productos finales puedan exportarse a otras zonas con menor presión ambiental y necesidad de aporte de nutrientes, o bien utilizarse como materia prima para la producción de biofertilizantes.

Entre estas tecnologías se encuentran las que van dirigidas a capturar el N en forma de NH_3 con ácidos (ácido nítrico, ácido sulfúrico) para obtener productos finales valorizables como fertilizantes, el sulfato amónico o el nitrato amónico. Hay distintos procesos de este tipo conocidos como *stripping* o *scrubbing* o membranas de contacto.

También se han aplicado procesos progresivos de separación física mediante filtración por membranas, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa, que permiten obtener fracciones con una concentración de nutrientes más elevada y una fracción final, aproximadamente el 50 % del volumen, altamente depurada¹⁶.

Teniendo en cuenta el estado de implementación, el desarrollo técnico y los aspectos económicos, la precipitación/cristalización de estruvita, la absorción de amoníaco con ácido y la filtración son las mejores tecnologías disponibles para la recuperación de nutrientes como productos fertilizantes comercializables¹⁷.

4. Aplicación a suelo

4.1. Inyección, tubos colgantes

La aplicación en bandas mediante tubos colgantes reduce la superficie de contacto del purín con el aire y permite evitar la volatilización de amoníaco en un 30-35 %, en comparación con la aplicación tradicional en abanico. Si se aplica como abonado de cobertera sobre el cultivo, la cubierta vegetal contribuye también a reducir estas emisiones y se alcanzan porcentajes de hasta el 60 %.

La aplicación con sistemas de inyección permite el enterrado directo del purín, evitando el contacto con el aire y consiguiendo reducir las emisiones de amoníaco hasta en un 90 %.

Los sistemas de aplicación que impiden la volatilización del amoníaco simultáneamente, permiten reducir la emisión de olores, que es uno de los factores de mayor impacto social que limitan el uso de los purines como fertilizante.

• • • • • • • • • •

¹⁶ LEDDA *et al.* (2013).

¹⁷ VANECKHAUTE *et al.* (2017).



4.2. Inhibidores

Hoy día, los inhibidores de la ureasa y de la nitrificación se comercializan para su aplicación con fertilizantes orgánicos con el fin de disminuir las pérdidas de N en forma de NH_3 y N_2O , respectivamente. Inicialmente, podían encontrarse en el mercado formulados junto al fertilizante mineral, existiendo numerosos estudios sobre su eficacia en laboratorio y en campo desde los años 1960¹⁸. Se basan en su capacidad para inhibir la actividad ureasa o de las enzimas que oxidan el ion amonio, respectivamente, pudiendo reducir pérdidas de N por volatilización, desnitrificación y lixiviación¹⁹. No obstante, su eficiencia es muy variable, dependiendo en gran medida del clima (precipitación y temperatura) y de las características del suelo y su manejo, del cultivo y, por supuesto, del inhibidor de que se trate. Parece ser que su eficacia puede ser menor bajo temperaturas cálidas²⁰. Igualmente, existen trabajos con resultados distintos en cuanto al comportamiento de dichos inhibidores en condiciones de precipitación elevada²¹.

4.3. Plan de gestión de purines

Supone una gestión integral de los purines y estiércoles, actuando desde el origen (a través de la alimentación) hasta su final uso agrícola, pasando por las etapas descritas anteriormente de alojamiento, almacenamiento y tratamiento, donde se pueden tomar diferentes medidas para reducir la pérdida de nutrientes al aire, suelo y aguas. El plan de gestión puede ser individual o colectivo, incluyendo, en este caso, la participación de diferentes actores o colectivos agrarios y ganaderos.

El plan de fertilización se ha de confeccionar a partir del conocimiento de los ciclos de los cultivos receptores, características de los suelos en que se encuentran (textura, pendiente, etc.), climatología, riqueza y disponibilidad en nutrientes, modo de aplicación de los fertilizantes orgánicos, limitaciones legislativas y coste. Es decir, no resulta imprescindible la adopción de tecnologías de tratamiento complejas, especialmente en zonas de menor densidad ganadera. En estos casos, se conseguiría una notable mejora considerando algunos aspectos de manejo en la explotación o participando en grupos de ganaderos y agricultores que conecten el recurso disponible por las explotaciones ganaderas con los cultivos receptores.

La experiencia adquirida con el proyecto Life Eswamar y el posterior desarrollo de otras iniciativas ha puesto de manifiesto las ventajas de la gestión colectiva a través de centros gestores de estiércoles (CGE). Se requiere personal técnico formado en fertilización y conocedor de la idiosincrasia de ganaderos y agricultores para aunar intereses.

¹⁸ QIAO *et al.* (2015).

¹⁹ WANG *et al.* (2020).

²⁰ BARNEZE *et al.* (2015); PIETZNER *et al.* (2017) y MERINO *et al.* (2005).

²¹ NAIR *et al.* (2020).



Referencias bibliográficas

ASAI, M.; LANGER, V.; FREDERIKSEN, P. y JACOBSEN, B. H. (2014): «Livestock farmer perceptions of successful collaborative arrangements for manure exchange: A study in Denmark»; *Agricultural Systems*.

BARNEZE, A. S.; MINET, E. P.; CERRI, C. C. y MISSELBROOK, T. (2015): «The effect of nitrification inhibitors on nitrous oxide emissions from cattle urine depositions to grassland under summer conditions in the UK»; *Chemosphere* 119; pp. 122-129.

EUROSTAT (2016): en https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Map1_Livestock_density_NUTS2_EU-28_2016.png.

EUROSTAT (2019): https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=agr_r_animal&lang=en.

FANGHEIRO, D.; MERINO, P.; PANTELOPOULOS, A.; JOSÉ, L. S.; PEREIRA, J. L. S.; BARBARA AMON, B. y CHADWICK, D. R. (2021): «The implications of animal manure management on ammonia and greenhouse gas emissions»; en *Tech for Env Friendly Livest Prod*. Chapter 5. En prensa.

FLOTATS, X.; LYNGSØ FOGED, H.; BONMATI BLASI, A.; PALATSI, J.; MAGRI, A. y MARTIN SCHELDE, K. (2011): «Manure processing technologies»; *Technical Report II. Concerning «Manure Processing Activities in Europe»* to the European Commission. Directorate-General Environment. pp. 184.

GONZÁLEZ MARRERO, J. A. y RÍOS LONGARES, R. (2014): «Técnicas para fertilizar el suelo en Roma: Los tratados de agricultura»; *Fortunatae* 25; pp. 183-197.

GROOTKOERKAMP, P. W. G. (1994): «Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design, and manure handling»; *J. Agric Engng Res* 59; pp. 73-87.

GUILAYN, F.; JIMENEZ, J.; ROUEZ, M.; CREST, M. y PATUREAU, D. (2018): «Digestate mechanical separation: efficiency profiles based on anaerobic digestion feedstock and equipment choice»; *Bioresour. Technol.* 274; pp. 180-189.

HOU, Y.; VELTHOF, G. L.; CASE, S. D. C.; OELOFSE, M.; GRIGNANI, C.; BALSARI, P.; ZAVATTARO, L.; GIOELLI, F.; BERNAL, M. P.; FANGUEIRO, D.; TRINDADE, H.; JENSEN, L. S. y OENEMA, O. (2016): «Stakeholder perceptions of manure treatment technologies in Denmark, Italy, the Netherlands and Spain»; *Journal of Cleaner Production* 172; pp. 1-11.

HÖRNIG, G.; TUK, M. y WANKA, U. (1999): «Slurry Covers to reduce Ammonia Emission and Odour Nuisance»; *J. Agric. Engng Res.* 73; pp. 151-157.

HJORTH, M.; CHRISTENSEN, K. V.; CHRISTENSEN, M. L. y SOMMER, S. G. (2010): «Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice»; *A review. Agron. Sustain. Dev.* 30; pp. 153-180.



HUYNH, T. T. T.; AARNINK, A. J. A.; SPOOLDER, H. A. M.; VERSTEGEN, M. W. A. y KEMP, B. (2004): «Effects of floor cooling during high ambient temperatures on the lying behavior and productivity of growing finishing pigs»; *Transactions of the ASAE* 47(5); pp. 1773.

LEDDA, C.; SCHIEVANO, A.; SALATI, S. y ADANI, F. (2013): «Nitrogen and water recovery from animal slurries by a new integrated ultrafiltration, reverse osmosis and cold stripping process: A case study»; *Water research* 47(16); pp. 6157-6166.

MERINO, P.; MENÉNDEZ, S.; PINTO, M.; GONZÁLEZ-MURUA, C. y ESTAVILLO, J. M. (2005): «3,4-Dimethylpyrazol phosphate reduces N₂₀ emissions from grassland after slurry application»; *Soil Use and Management* 21; pp. 53-57.

MISSELBROOK, T. H. y POWELL J. M. (2005): «Influence of Bedding Material on Ammonia Emissions from Cattle Excreta»; *J. Dairy Sci.* 88; pp. 4304-4312.

NAIR, D.; KHAGENDRA, R. B.; ABALOS, D.; STROBEL, B. W. y PETERSEN, S. O. (2020): «Nitrate leaching and nitrous oxide emissions from maize after grass-clover on a coarse sandy soil: Mitigation potentials of 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP)»; *Journal of Environmental Management* 260; pp. 110-165.

PIETZNER, B., RÜCKNAGELA, J.; KOBLENZA, B.; BEDNORZA, D.; TAUCHNITZB, N.; BISCHOFFB, J.; SARAH KÖBKEC, S.; MEURER, K. H. E.; MEISSNERE, R. y CHRISTEN, O. (2017): *Soil and tillage research* 169; pp. 54-64.

QIAO, C.; LIU, L.; HU, S.; COMPTON, J. E.; GREAVER, T. L. y LI, Q. (2015): «How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input»; *Global Change Biology* 21; pp. 1249-1257.

ROSA, E.; ARRIAGA, H. y MERINO, P. (2020): «Ammonia emission from a manure-belt laying hen facility equipped with an external manure drying tunnel»; *Journal of Cleaner Production* 251.

SANTONJA, G. G.; GEORGITZIKIS, K.; SCALET, B. M.; MONTOBIO, P.; ROUDIER, S. y SANCHO, L. D. (2017): *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs*. EUR 28674 EN; <https://doi.org/10.2760/020485>.

VAN ZATEN, H. H. E.; VAN ITTERSUM, M. K. y DE BOER, I. J. M. (2019): «The role of farm animals in a circular food system»; *Global Food Security* 21; pp. 18-22.

VANEECKHAUTE, C.; LEBUF, V.; MICHELS, E.; BELIA, E.; VANROLLEGHEM, P. A.; TACK, F. M. y MEERS, E. (2017): «Nutrient recovery from digestate: systematic technology review and product classification»; *Waste and Biomass Valorization* 8(1); pp. 21-40.

WANG, H.; KÖBKE, S. y DITTERT, K. (2020): «Use of urease and nitrification inhibitors to reduce gaseous nitrogen emissions from fertilizers containing ammonium nitrate and urea»; *Global Ecology and Conservation* 22; pp. 1-11.



Ganadería extensiva y servicios ambientales

Tamara Rodríguez Ortega
CITA-Aragón

Resumen / Abstract

La ganadería extensiva, integrada de forma sostenible en los ecosistemas, provee múltiples servicios ambientales a la sociedad como la prevención de incendios forestales o el mantenimiento de paisajes agrarios. Sin embargo, muchos de estos beneficios públicos están seriamente degradados tanto por la intensificación como por el abandono de la actividad agraria. La valoración biofísica y socioeconómica de estos servicios, y su apoyo a través de las políticas agrarias, puede restablecer los vínculos entre la agricultura, la ganadería y el medioambiente en beneficio del propio sector y del conjunto de la sociedad.

Extensive livestock, sustainably integrated into ecosystems, provides multiple environmental services to society, such as forest fires prevention or the maintenance of agricultural landscapes. However, many of these public benefits are seriously degraded by both intensification and abandonment of agricultural activity. The biophysical and socio-economic valuation of these services and their support through agricultural policies, can restore the links between farming and the environment for the benefit of the agricultural sector itself and society as a whole.



1. Introducción

La ganadería extensiva es esencial en países Mediterráneos como España desde un punto de vista económico, ambiental y social. Tradicionalmente, ha sido valorada por su capacidad para proveer alimentos y materias primas a la sociedad. A diferencia de la ganadería intensiva, la extensiva se considera multifuncional. Es decir, además de su función productiva, también proporciona otras funciones sociales como la fijación de población y el mantenimiento del tejido económico en áreas rurales y *ambientales* (p. ej., reducción de la biomasa vegetal) con gran potencial para suministrar «externalidades positivas» (p. ej., prevención de incendios) muy importantes para la sociedad.

Estos vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano se pueden estudiar a través del marco conceptual de los servicios de los ecosistemas¹, definidos como «los beneficios directos e indirectos que los ecosistemas proveen a los seres humanos». Así, los agroecosistemas pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad, al mantenimiento de los paisajes agrarios, la prevención de algunos riesgos ambientales como los incendios forestales, etc. Tradicionalmente, los servicios de los ecosistemas se han clasificado en cuatro categorías²:

- *Servicios de abastecimiento*: productos (en su mayoría privados) obtenidos directamente de los ecosistemas (p. ej., alimentos, agua, madera o fibras).
- *Servicios de regulación*: beneficios indirectos derivados de procesos ecosistémicos (p. ej., regulan el clima, las inundaciones, las enfermedades, los residuos, etc.).
- *Servicios culturales*: beneficios intangibles consecuencia de las vivencias y experiencias en el medio agrario (p. ej., recreación, turismo, aspectos estéticos y espirituales).
- *Servicios de soporte o apoyo*: básicos para la producción de todos los demás servicios (p. ej., formación del suelo, la fotosíntesis o el ciclo de nutrientes).

Las categorías de servicios de soporte, regulación y culturales, en general, exhiben características de bienes públicos, lo que significa que las personas no pueden ser excluidas de su uso y este no reduce su disponibilidad para otras personas; y, además, conlleva que no tengan un precio de mercado, por lo que los ganaderos tienen pocos incentivos para proveerlos al mismo nivel que los servicios de abastecimiento.

La aplicación del marco metodológico de los servicios de los ecosistemas a los sistemas agrarios tiene el potencial de integrar los servicios de abastecimiento y el resto de las categorías al mismo nivel de prioridad, lo que permite analizar los múltiples conflictos (*trade-offs*) y sinergias que pueden existir entre ellos. A efectos de ilustración, la Figura 1 compara la provisión de servicios de un ecosistema natural con dos agrarios bajo diferentes regímenes de manejo. Los ecosistemas naturales son capaces de proveer muchos servicios en niveles altos al mismo tiempo (sinergias), pero producen pocos alimentos (*trade-off*). Por el contrario, los agrosistemas bajo un manejo intensivo

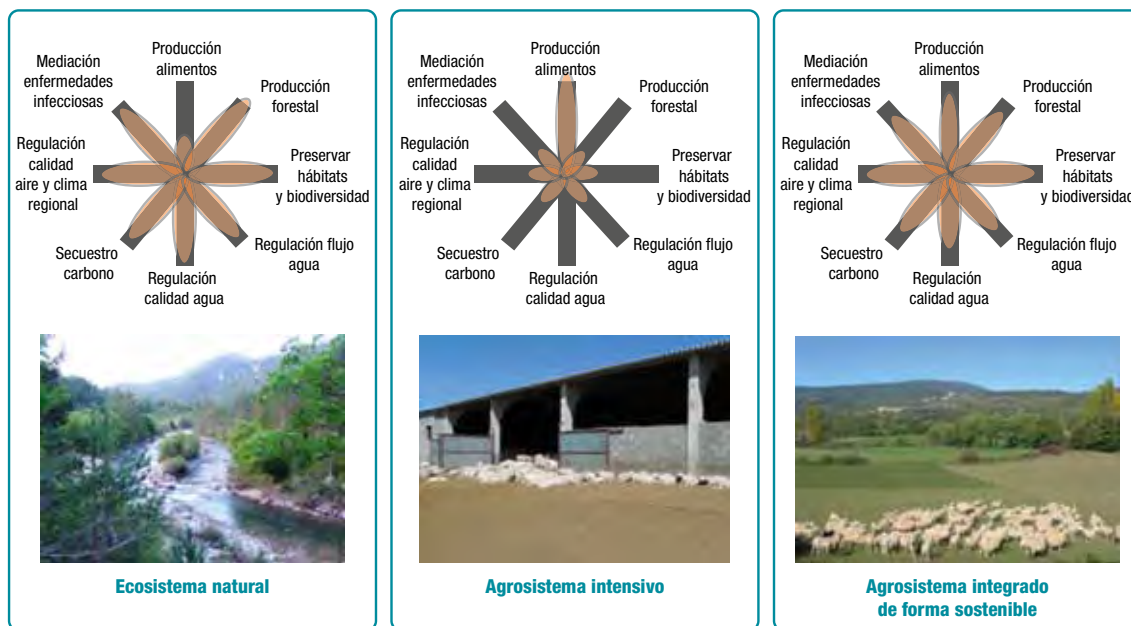
● ● ● ● ● ● ● ●

¹ MEA (2005) y TEEB (2010).

² TEEB (2010).

pueden producir alimentos en abundancia, a costa de disminuir otros servicios (*trade-off*). A través de una gestión más integradora, los agroecosistemas pueden ser capaces de proveer múltiples servicios de los ecosistemas tanto productivos como no productivos, con pequeñas mermas en todos ellos, pero sin ninguna pérdida extrema.

Figura 1.
Conflictos entre servicios de abastecimiento y otros servicios en diferentes ecosistemas



Fuente: basado en Foley *et al.* (2005).

2. Servicios ambientales de los agroecosistemas ganaderos extensivos

La ganadería extensiva, siempre y cuando se integre de manera óptima en el medio natural, da lugar a agroecosistemas de alto valor natural y cultural que mantienen y proveen múltiples servicios de los ecosistemas con características de bienes públicos como los descritos a continuación.

2.1. Servicios de soporte

- *Conservación de la biodiversidad.* Aunque no es un servicio *per se*, hace fluir y puede considerarse soporte del resto. La ganadería extensiva contribuye a los diferentes niveles de organización de la diversidad:



- Forma parte de los extensos ecosistemas agrarios, siendo exclusiva de algunos (silvopastorales, pastizales) y estando en estrecha relación con otros (cultivos herbáceos de secano, mosaico mediterráneo).
- Sus prácticas agrarias de baja intensidad son esenciales en el mantenimiento de 118 hábitats protegidos por la Red Natura 2000 (un 51 % presentes en España), en su mayoría, pastos herbáceos naturales y seminaturales que incluyen una amplia diversidad de prados, vegetación serial de vías pecuarias y bosques esclerófilos de dehesa.
- A su vez, contribuye a la diversidad de especies, p. ej., a conservar cerca del 60 % de la riqueza de avifauna prioritaria en Europa. También, influyen positivamente en las aves carroñeras tanto en la abundancia de buitres leonados (*Gyps fulvus*) como en la ocupación del territorio por el alimoche común (*Neophron percnopterus*). Asimismo, el pastoreo está relacionado con la composición florística de las dehesas, la conservación de las hormigas, etc.
- Por último, favorece la diversidad genética tanto de variedades silvestres de flora y fauna como de la propia *agrobiodiversidad*, destacando numerosas razas autóctonas de ganado –muchas en peligro de extinción– y otras tantas variedades de cultivo para su alimentación, fundamentales por su adaptación y resistencia a patógenos y a desafíos climatológicos y socioeconómicos. Este potencial de determinados sistemas agrarios para mantener la biodiversidad se refleja en el concepto de Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural (SAVN).
- *Reciclado de nutrientes*. Es un servicio básico que se imbrica con otros muchos como el secuestro de carbono o la fertilidad del suelo. En él, la materia orgánica e inorgánica circula y se recicla en los ecosistemas mediante la acción de la biodiversidad. La ganadería extensiva participa en este proceso mediante el pastoreo, imitando y acelerando el funcionamiento de los herbívoros salvajes en los ecosistemas naturales. De esta forma, el pastoreo extensivo mejora las características físico-químicas y biológicas de los suelos. Por ejemplo, en las vías pecuarias que atraviesan extensas zonas agrícolas pueden acumular un 29 % más de agua, un 28 % más de contenido en carbono orgánico y una abundancia en unidades formadoras de colonias de bacterias y hongos de un 48 y 84 % mayor, respectivamente, que los suelos circundantes; demostrando, así, su importante papel en el mantenimiento de las funciones de regulación de los suelos. La disrupción de este reciclado en la ganadería intensiva puede considerarse tan o más importante que el cambio climático o la pérdida de biodiversidad³.

2.2. Servicios de regulación

- *Secuestro de carbono*. Se fundamenta en el CO₂ atmosférico fijado por la vegetación que ingerida por el ganado lo traslada al suelo en forma de materia orgánica, mediante sus

• • • • • • • • • •

³ STEFFEN *et al.* (2015).



deyecciones. Pese a la controversia científica, en general, se reconoce el gran potencial de secuestro y almacenamiento de carbono en los suelos de los pastos, superior a las tierras cultivables (previa recuperación de la vegetación seminatural) y, a escala planetaria, casi tan importante como los bosques. No obstante, el potencial de secuestro de carbono en los pastos permanentes depende del tipo, de la madurez y del manejo del pasto tanto en el presente como en el pasado. Así, los pastos herbáceos previamente mal manejados pueden aumentar la capacidad de sumidero, lo que sería muy significativo considerando que el 70 % de las praderas del planeta (un tercio de la superficie terrestre) están degradadas⁴. Pero un pastizal no es equivalente a un sumidero de carbono en todos los casos, ya que el contenido de carbono en los suelos tiende a estabilizarse con el tiempo (el potencial de secuestro es limitado en cantidad y en tiempo), por lo que resulta más interesante proteger las reservas ya existentes que tratar de aumentar su almacenamiento, también considerando que el carbono se pierde más fácil y rápido de lo que se secuestra. Entre las prácticas que pueden aumentar y mantener el almacenamiento de carbono en los suelos estarían:

- aquellas que aumentan los aportes de carbono como la incorporación de insumos orgánicos (vs. inorgánicos), tales como el estiércol a través del pastoreo, sobre todo, en las praderas (vs. tierras cultivables); y
- aquellas que reducen la respiración de los organismos heterótrofos (utilizan el carbono del suelo, en lugar del atmosférico que usan las plantas) como la reducción o ausencia del laboreo (ralentiza la descomposición de la materia orgánica) y el aumento de la intensidad de cultivo (reduce la frecuencia del barbecho desnudo y aumenta la vegetación perenne).

Los sistemas pastorales contribuyen al 20 % de las emisiones ganaderas globales, pero el manejo de los pastos herbáceos permanentes podría secuestrar entre el 20 y el 60 % de las mismas. Aprovechar ese potencial resultaría más interesante que reducir la ganadería extensiva, ya que otros grupos con emisiones asociadas como rumiantes salvajes o termitas ocuparían el nicho ecológico del ganado.

- *Fertilización.* El aporte de estiércol –directamente a través del pastoreo e indirectamente como abono orgánico– reduce la utilización de fertilizantes inorgánicos y cierra el reciclado de nutrientes de una manera más renovable. Las deyecciones sólidas del ganado crean huecos o nichos de regeneración que permiten la germinación de las semillas transportadas o presentes en el suelo. Técnicas como el redileo o majadeo (pernocta de los rebaños en rediles o corrales portátiles de manera itinerante, sistemática e intensa) resultan interesantes para fertilizar el suelo. La itinerancia es especialmente importante para evitar áreas de nitrofilia en los majadales, lo que produciría un fenómeno de sequía fisiológica e invasión de especies nitrófilas sin valor nutritivo para el ganado. La trashumancia pone en práctica esta técnica en descansaderos y dormideros, y podría imitarse por rebaños trasterminantes y estantes. Se estima que cada oveja trashumante podría abonar diariamente el terreno con más de 3 kg de estiércol a lo largo de unos 20 km de recorrido, por lo que cada rebaño de 1.000 ovejas trashumantes dispersaría unas 100 toneladas de abono a lo largo de un mes

• • • • • • • • • •

⁴ FAO (2011).



de desplazamiento por más de 500 km de vías pecuarias. En las rastrojeras, el servicio de fertilización del ganado ovino se ha estimado en un aporte anual de 9 toneladas de nitrógeno, 4 de fósforo y 8 de potasio, con un valor de más de 30.000 euros/año en las zonas de agostada de los sistemas trashumantes.

- *Dispersión de semillas.* Este servicio incluye tanto los procesos de endozoocoria (dispersión mecánica de semillas a través de las heces) como de epizoocoria (dispersión de semillas adheridas al exterior de los animales). La endozoocoria puede favorecer, mediante los procesos químicos de la digestión ruminal, la germinación de semillas especialmente duras de muchas especies herbáceas y arbustivas anuales adaptadas a condiciones climáticas adversas. Se ha cuantificado en 10 semillas/g de peso seco de heces que pueden dispersarse a una distancia de entre 30 y 90 km. En un estudio de trashumancia hacia el sur por la Cañada Real Conquense, las ovejas transportaron 50 semillas viables por cada 100 g de heces en peso seco, con lo que el rebaño completo (unas 3.000 ovejas) dispersaría unos 27 millones de semillas viables en 24 días de desplazamiento, valores que podrían ser muy superiores si el estudio se realizara en sentido opuesto en primavera-verano. Mediante epizoocoria se transportan entre el 5 % y el 47 % de las semillas iniciales adheridas a la lana de ovejas trashumantes hasta varios cientos de kilómetros. Por tanto, los rebaños que transitan las vías pecuarias y recorren distancias, incluso superiores a los animales silvestres, tienen un papel fundamental en este servicio. Localmente, actúan como una fuente importante de heterogeneidad espacial y un reservorio para numerosas especies de plantas y, a mayor escala, apoyan la continuidad estructural y funcional de los ecosistemas, aumentando su conectividad. Por ello, ambos procesos son claves en la ecología de las metapoblaciones y la colonización de nuevos ambientes o especies alóctonas naturalizadas.
- *Polinización.* Los sistemas de producción agraria y las prácticas agrarias de manejo influyen local y paisajísticamente en el entorno de anidación y alimentación de los polinizadores, con un impacto considerable sobre estas comunidades y, por tanto, en el servicio de polinización⁵. Los sistemas agrarios heterogéneos, sin uso intensivo de químicos (fertilizantes y pesticidas) y basados en principios de agroecología (cultivos intercalados, policultivos, rotaciones, cubiertas verdes, barbecho, agrosilvicultura, pastoreo y/o siega moderados, setos vivos, etc.) tienen el potencial de mantener comunidades ricas de polinizadores, promover la conectividad y aumentar la polinización de cultivos y plantas silvestres. En España, la práctica de la trashumancia a través de grandes matrices de agricultura tiene un efecto positivo tanto en la riqueza de especies polinizadoras como en el propio servicio de polinización (p. ej., el número de visitas de las abejas silvestres a los girasoles) y en la producción de semillas de los cultivos; si bien el rango de influencia se limita a los primeros metros de los campos colindantes a las vías pecuarias, estimándose que cada kilómetro de vía pecuaria podría contribuir en promedio a un incremento de un 11 % de su producción de semillas.
- *Prevención de incendios forestales mediante el control de la vegetación.* Los incendios forestales han sido habituales en ambientes mediterráneos y beneficiosos para determinadas especies, pero la virulencia de los regímenes actuales (incrementos de frecuencia al doble y

.....

⁵ IPBES (2016).



de extensión en un orden de magnitud), exacerbados por la sequía y las altas temperaturas del cambio climático, los hacen insostenibles. Además, crean un paisaje homogéneo con especies pirófilas que retroalimentan la propagación del fuego. Si bien las prácticas agrarias se relacionan con gran parte de la causalidad de los incendios forestales intencionados y por negligencias⁶, algunas también lo están con la prevención de los mismos. El pastoreo reduce la carga de combustible vegetal o biomasa, que es el factor más importante para la expansión de los incendios, reduciendo así su incidencia. Experiencias en el prepirineo aragonés demostraron que un pastoreo de 3,3-8,4 ovejas/mes-ha durante un período de 5 años disminuyó la acumulación de 291 kg de materia seca (MS)/ha-año de biomasa herbácea (principalmente muerta) y 1.390 kg MS/ha-año de biomasa arbustiva (el 54 % de la acumulada en zonas sin pastar). En la Cañada Real Conquense, los municipios del área de agostada que mantienen una carga ganadera > 100 UGM/1.000 ha forestales han sufrido un 40 % menos de incendios y su tamaño medio ha sido cuatro veces menor. En la Red de Áreas Pasto-Cortafuegos de Andalucía (RAPCA) se emplea desde 2005 el pastoreo de ovino, caprino y bovino como herramienta de prevención de incendios, compensando económica y proporcionalmente a los pastores por el cumplimiento de los compromisos, evaluados mediante un seguimiento técnico-científico a lo largo del año, que es priorizado a comienzos de verano. La RAPCA ahorra el 75 % de los costes del uso de motodesbrozadoras por las empresas encargadas de la prevención de incendios. Estas experiencias y otras similares proporcionan recomendaciones de manejo del pastoreo para la prevención de incendios, entre las que se incluyen:

- Rejuvenecer el estrato arbustivo (aplastamiento, quema, roza) antes de comenzar el pastoreo, para favorecer que el ganado haga un control efectivo del matorral.
- Cuando abunda el pasto leñoso, introducir lignívoros como las cabras y, una se vez haya incrementado la cobertura de herbáceas, sustituirlas por ovejas.
- Ajustar la carga ganadera a la producción de biomasa para asegurar que esta se minimiza cada año (a la par que evitar crear un suelo desnudo), ya que muchas de las cargas ganaderas y regímenes de manejo en el monte mediterráneo no son suficientes para evitar por completo la matorralización y mantener el paisaje abierto, diverso y con un bajo riesgo de incendios.

Además, la reducción de biomasa facilita el acceso a los pastos y mantiene su valor forrajero, en prevención del abandono que puede tener consecuencias irreversibles sobre el uso futuro de los pastos tanto por el ganado como por las especies silvestres.

- *Control del flujo del agua y la erosión del suelo.* El pastoreo tiene un impacto variable en la hidrología y la edafología del suelo, principalmente a través de cambios en la cubierta vegetal, la cual juega un papel fundamental en los procesos de escorrentía, infiltración, retención del agua en el suelo y la evapotranspiración. Todo ello es modulado a su vez por la litología, la topografía y la climatología de cada lugar, originando un abanico de situaciones que es

• • • • • • • •

⁶ MAPAMA (2015).



complejo de analizar. La disminución generalizada del pastoreo de ganado durante el s. XX ha supuesto la rápida recolonización de la vegetación (particularmente de arbustos densos) que, por un lado, ha reducido la escorrentía en las laderas y con ello la erosión del suelo y, por otro lado, ha supuesto un aumento de la evapotranspiración, causando la disminución de recursos hídricos y cambios en los regímenes hidrológicos de los ríos.

En general, el pastoreo moderado puede aumentar la fertilidad de los suelos muy pobres y su capacidad para retener agua, promoviendo la germinación de semillas y la riqueza de especies a escalas locales, así como la cobertura vegetal, que contribuye a proteger el suelo de la erosión. Los prados pastados y los arbustos densos tienen una erosión similar, por lo que en zonas bajas de montaña mediterránea se podría aumentar la disponibilidad de prados para contrarrestar la problemática expansión de arbustos espinosos. Sin embargo, el pastoreo intensivo compacta el suelo y puede desnudarlo de vegetación, aumentando la escorrentía y produciendo mayor erosión del suelo.

El ganado frecuentemente pastorea cultivos en zonas de pendiente (olivares, almendros y viñedos, pero también cereales) que evidencian múltiples tipos de erosión y suponen un importante problema para la conservación del suelo. Las terrazas tradicionales con muros de piedra y cubiertas vegetales son un método eficaz para aumentar la infiltración y reducir la escorrentía, y prevenir así la erosión en ese tipo de cultivos. Sin embargo, la necesidad de mano de obra intensiva para garantizar su mantenimiento y estabilidad ha provocado el abandono de las terrazas no mecanizables y con frecuentes movimientos en masa del terreno, aumentados por el peso del ganado y causando también erosión del suelo.

2.3. Servicios culturales

- *Aspectos estéticos de los paisajes agrarios.* El paisaje es habitualmente definido como la percepción del ser humano del espacio físico (territorio), introduciendo connotaciones estéticas y valorativas, y perspectiva que le da el carácter cultural. El paisaje mediterráneo «natural» sería en gran medida agrosilvopastoral, respondiendo a los condicionantes ambientales de peculiaridad climática, heterogeneidad geomorfológica y cultura milenaria. Los cambios antropogénicos a lo largo de la historia han dado lugar a un paisaje controlado por el hombre o «paisaje cultural» que engloba un conjunto de paisajes, principalmente rurales, caracterizados por la interrelación distintiva entre la naturaleza y el ser humano, y que son, en términos globales, unos de los más antiguos del mundo. Bajo una tipología de paisajes culturales europeos, España destaca por poseer algunos paisajes únicos (dehesas) y exclusivos del Mediterráneo (*semi-bocage* mediterráneo, cultura promiscua, campos abiertos mediterráneos, huertas, etc.) que son esencialmente agrarios. Los paisajes culturales agrarios del mediterráneo están caracterizados por el arbolado disperso, las huertas y los cultivos de secano, y todo ello combinado con la importancia esencial de la ganadería extensiva y su papel de regulación y enlace. En concreto, los denominados «paisajes agrarios en mosaico» se consideran ideales por su alta heterogeneidad de estructura espacial y diversidad biológica, por su ajuste entre la actividad agraria (productiva) y la conservación de la naturaleza y por sus valores estéticos, que pueden canalizar el turismo cultural en estas zonas rurales.



La preservación de paisajes tradicionales complejos requiere el mantenimiento de ese mosaico, es decir, de los parches con diferentes elementos del paisaje y etapas sucesionales en la vegetación, empleando para ello una combinación de estrategias entre las que se incluye el pastoreo. Sin embargo, estos paisajes se han visto amenazados por la eliminación de sus elementos naturales como consecuencia de una simplificación excesiva (concentración parcelaria, ausencia de rotaciones, empleo de químicos, etc.). También, los procesos de sucesión vegetal como consecuencia del abandono del pastoreo (y a veces por reforestaciones) llevan a paisajes más «naturales», pero no tan apreciados culturalmente por gran parte de la sociedad.

- *Conocimiento Ecológico Tradicional (CET)*. Este servicio representa el conjunto de conocimientos, creencias, tradiciones, prácticas, instituciones y cosmovisiones sobre la relación de los seres vivos (incluyendo el ser humano) entre sí y con su entorno; que son desarrolladas por sociedades no industriales (indígenas, campesinas y locales) y transmitidas a través de generaciones con continuidad histórica en las prácticas de uso de recursos, representando la experiencia adquirida durante miles de años de contacto humano directo con el medioambiente.

El CET de las sociedades agrarias es una valiosa fuente de información para documentar las prácticas de manejo ancestrales y actuales, el patrimonio cultural local y los cambios en el paisaje. Todo esto es útil para el diseño de estrategias políticas orientadas a la sostenibilidad de los paisajes culturales. Por ejemplo, los pastores pirenaicos atesoran un amplio CET sobre las relaciones entre el terreno, el clima, la vegetación y la alimentación, y el comportamiento animal, pudiendo contribuir a una custodia sostenible del territorio que facilitaría la adaptación de la ganadería a los cambios que la amenazan, proporcionaría prácticas tradicionales para gestionar la vegetación de montaña y preservaría el conocimiento de las estrategias de producción ganadera extensiva. Los pastores trashumantes también destacan por su CET en la creación de resiliencia para hacer frente al cambio global a través de estrategias para anticipar los cambios y diseminar los riesgos en el espacio y el tiempo mediante la movilidad, la distribución de recursos, la diversificación, la selección y la previsión. Sin embargo, en ambos casos existen declives en el CET, asociados a los cambios drásticos en las últimas décadas en los sistemas pastorales pirenaicos y a los trashumantes más jóvenes. Para solucionarlo se necesitaría una administración más colaborativa, así como también es fundamental la gestión y el acceso a los pastos para mantener la capacidad de estas comunidades para desarrollar, probar y aplicar su CET.

- *Patrimonio cultural*. Se entiende por «patrimonio» nuestra herencia del pasado, mantenida hasta la actualidad y transmitida a las generaciones futuras, englobando tanto lo cultural como lo natural y tanto lo material como lo inmaterial⁷. Los recursos genéticos animales juegan un papel importante en el patrimonio natural y cultural de las sociedades agrarias tradicionales y tienen una diversidad de valores espirituales y religiosos en estas comunidades.

● ● ● ● ● ● ● ●

⁷ UNESCO (2019).



El *Libro Blanco de la Trashumancia*⁸ destaca el rico patrimonio histórico y artístico que la trashumancia nos ha legado y que sigue vivo en la mayoría de nuestros pueblos, ya que se encuentra reflejado en nombres de calles, enclaves y villas enteras, fiestas y tradiciones. Sirvió de enlace para numerosos intercambios culturales, convertidos hoy en el patrimonio arquitectónico, tradiciones locales y diversidad gastronómica. Lleva aparejada un patrimonio etnográfico y antropológico, que se asocia con una herencia histórica de especial interés, y que es preciso conservar y recuperar como puentes ganaderos, arcos romanos, miliarios, descansaderos, casas de esquila, lavaderos de lana, albergues, mangadas de manejo, cercados y demás construcciones erigidas con «piedra seca».

Desde 2019, la trashumancia ha sido reconocida como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad de la UNESCO en varios países de la Unión Europea y España, y opta también a dicho reconocimiento desde 2020. A escala nacional, la trashumancia fue declarada en 2015 como manifestación representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial (BOE:279, 2015). Y es de especial relevancia su inclusión como Bien de Interés Cultural en algunas comunidades autónomas como la de Aragón (BOA:175, 2011). Se reconoce así que la red de vías pecuarias, además de su uso tradicional por los ganaderos, constituye un patrimonio único y de gran valor cultural, de la más alta consideración por la ecología y la riqueza artística, histórica y social que rodea a estos sitios de dominio público.

- *Turismo y recreación:* El modelado del territorio a través del pastoreo genera paisajes agrarios favorables al desarrollo del turismo y el fomento de la recreación en las zonas rurales. Por ejemplo, el control de la vegetación por el ganado en pastoreo puede proporcionar beneficios recreativos al facilitar el acceso a través de zonas arbustivas, mantener despejados los senderos, etc. La propia Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias, reconoce como usos complementarios posibles el paseo, el senderismo, la cabalgada y otras formas de desplazamiento deportivo no motorizado que respeten la prioridad del ganado, con el fin de satisfacer la creciente demanda social del turismo activo y del turismo en los espacios naturales. Este es el sentido del programa «Caminos Naturales» del Ministerio de Medio Ambiente, el de recuperar tramos de vías pecuarias (entre otros caminos y rutas históricas) para el uso público del ciudadano, poniendo a su alcance una gran diversidad paisajística y cultural vinculada con la trashumancia.
- *Educación y formación.* Entre los valores educativos y de desarrollo cognitivo relacionados con la ganadería extensiva podemos destacar la educación ambiental, las granjas-escuela y las visitas guiadas, los programas formativos y de extensión a ganaderos y técnicos, la interpretación cultural del paisaje agrario para turistas y consumidores, o la investigación científica. En este sentido, la tradición de estudio de la trashumancia en nuestro país ha originado numerosos expertos en cuestiones de ganadería extensiva y móvil que son actualmente requeridos en iniciativas internacionales para el análisis y elaboración de marcos legislativos⁹.

● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

⁸ RRN (2013).

⁹ RRN (2013).



3. Situación actual y valoración de los servicios ambientales

Pese a la importancia de los beneficios que generan los agroecosistemas para la sociedad, muchos de ellos se están degradando, especialmente los servicios de regulación. En general, son los grandes cambios en el manejo de los sistemas pastorales los que tienden a vulnerar y perjudicar a los servicios de los ecosistemas y a la biodiversidad. A amplia escala, esto es debido principalmente a los procesos de simplificación de la composición y estructura de los agroecosistemas, ya sea por intensificación agrícola (p. ej. monocultivos y uso de numerosos insumos externos) o por abandono (p. ej. matorralización y pérdida de heterogeneidad paisajística). Afecta especialmente la sobreexigencia de las funciones productivas del agroecosistema, que sobrecargan su capacidad de recuperación y disminuyen su resiliencia.

Los agricultores y ganaderos juegan un papel central en la preservación y conservación de los recursos naturales, pudiendo ser considerados como intermediarios entre los ecosistemas y la sociedad, al modular los procesos ecológicos que modifican el flujo de servicios de los ecosistemas. El problema actualmente es que, en general, gran parte de la sociedad vive un desacoplamiento entre el subsistema social y el ecológico, lo que está rompiendo los vínculos que las personas tradicionalmente tenían con la naturaleza y, en particular, afecta a muchos agricultores y ganaderos, perdiéndose claramente los incentivos para conservar el medioambiente y sus servicios de los ecosistemas, al menos en el corto plazo.

A través de la aplicación del marco metodológico de los servicios de los ecosistemas a la actividad agraria (Figura 2), se pueden reconectar las estructuras y procesos ecológicos (p. ej., el ganado interviniendo en el ciclo de nutrientes), cuyas funciones (transformación de la biomasa) son necesarias para proveer servicios de los ecosistemas (secuestro de carbono), los cuales generan beneficios que la sociedad valora (estabilidad climática). Asimismo, se pueden aprovechar estos cambios en la percepción social para configurar la forma en que las personas valoran dichos beneficios e impulsar los cambios de manejo de los agroecosistemas locales con efectos aditivos a niveles superiores.

La aplicación del marco metodológico de los servicios de los ecosistemas a los sistemas agrarios se ha desarrollado notoriamente en investigación, pero su aplicación real en la gestión de los agroecosistemas no ha ido en consonancia. Aunque la entrega de servicios de los ecosistemas también depende de patrones espaciales de intervenciones a escala de paisaje, los agricultores y ganaderos deben ser reconocidos por su propio papel en la explotación, por ejemplo, mediante instrumentos económicos como los pagos por servicios de los ecosistemas incorporados en unas políticas agroambientales más justas y sostenibles. Por lo tanto, cuantificar el valor de los servicios de los ecosistemas es de gran interés para mejorar el bienestar humano. Para ello, se requiere una diversidad de herramientas que abarcan la naturaleza multidimensional del valor, incluyendo valoraciones biofísicas, socioculturales y económicas¹⁰, englobando así los tres pilares básicos de la sostenibilidad, como se describe a continuación.

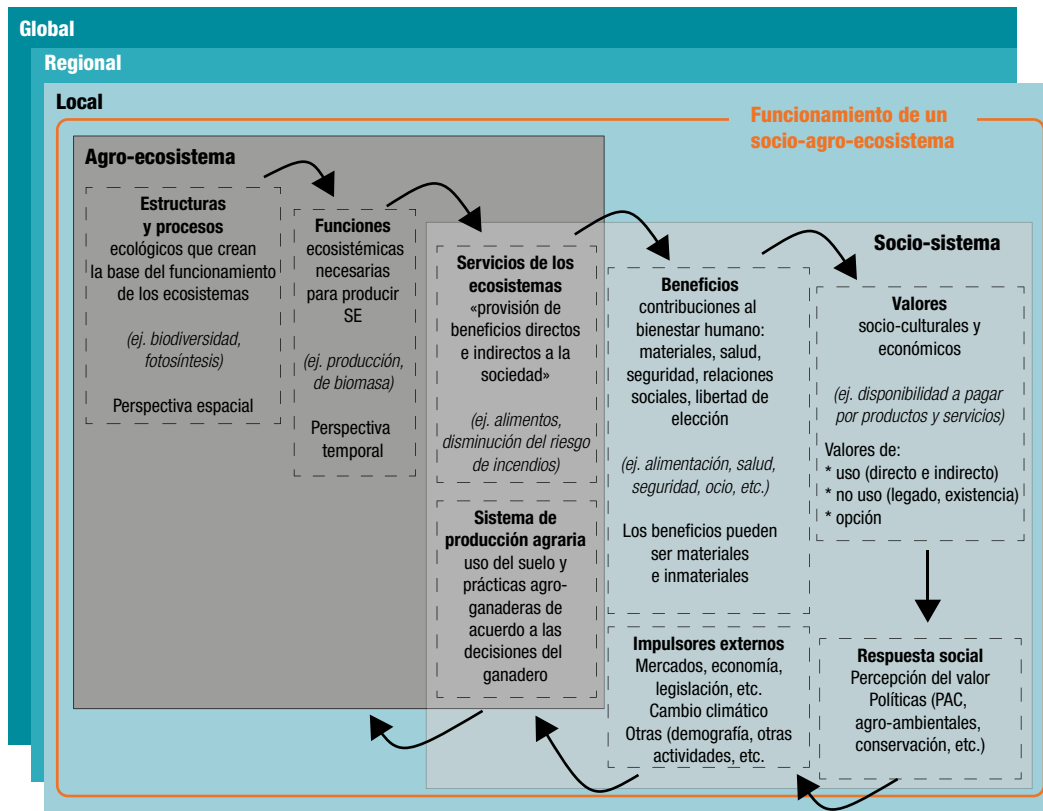
• • • • •

¹⁰ MARTÍN-LÓPEZ *et al.* (2014).



Figura 2.

Adaptación del modelo en cascada de Haines-Young y Potschin (2010) a los agroecosistemas*



* Las estructuras y funciones de los ecosistemas determinan la provisión de servicios de los ecosistemas, y esta, la generación de bienestar humano. Por su lado, la toma de decisiones por parte de la sociedad es lo que vincula los cambios en los agroecosistemas.

- Las *valoraciones biofísicas* tratan de cuantificar la provisión real de servicios de los ecosistemas, que puede ser modulada por los diferentes manejos o prácticas agrarias. Si bien estas interrelaciones son bastante complejas y aún no han sido suficientemente estudiadas, las valoraciones se ha centrado en analizar varios factores a diferentes niveles: i) los procesos de abandono de la región o paisaje, ii) los tipos de sistemas de explotación (convencional vs. ecológico) en las instalaciones y iii) algunas prácticas agrarias como la carga ganadera en el campo o parcela; estando la biodiversidad, el secuestro de carbono y el paisaje, entre los servicios más estudiados¹¹.
- Las *valoraciones socioculturales* exploran las percepciones sociales de los servicios de los ecosistemas identificando –verbal o visualmente– las preferencias y las motivaciones que subyacen a las mismas. Entender la importancia relativa y la demanda de los servicios de los ecosistemas por los diferentes actores sociales es fundamental para resaltar aquellos más relevantes para la sociedad y legitimar las políticas agroambientales que promuevan una actividad agraria ligada a su provisión. Las principales metodologías utilizadas son de carácter

11 RODRÍGUEZ-ORTEGA *et al.* (2014).



A través de la aplicación del marco metodológico de los servicios de los ecosistemas a los agroecosistemas se puede restablecer la bidireccionalidad de beneficios entre la actividad agraria y el medioambiente, de forma que los ganaderos –y agricultores– modulen activamente el flujo de servicios de los agroecosistemas para sí mismos y para el conjunto de la sociedad, aumentando las sinergias y disminuyendo los compromisos entre los servicios de abastecimiento y el resto de categorías (soporte, regulación y culturales).

Se requiere una diversidad de herramientas para abarcar la naturaleza multidimensional del valor, incluyendo valoraciones biofísicas, socioculturales y económicas, que engloban los tres pilares básicos de la sostenibilidad. A su vez, es fundamental aplicar juiciosamente esta última para prevenir la monetarización y mercantilización de los servicios de los ecosistemas que reproduciría la lógica y los errores del mercado.

La Política Agraria Común debe reconocer y promover entre los ganaderos –y agricultores– la recuperación y provisión de los múltiples servicios de los ecosistemas asociados a los sistemas pastorales, aplicando las demandas sociales de dedicar el «dinero público para servicios públicos», para lo cual existen herramientas válidas como los pagos por servicios de los ecosistemas.

Referencias bibliográficas

BERNUÉS, A.; RODRÍGUEZ-ORTEGA, T.; RIPOLL-BOSCH, R. y ALFNES, F. (2014): «Socio-cultural and economic valuation of ecosystem services provided by mediterranean mountain agroecosystems». *PLoS ONE* 9, e102479.

BOA:175, (2011): «Decreto 289/2011, de 30 de agosto, del Gobierno de Aragón, por el que se declara La Trashumancia en Aragón como Bien de Interés Cultural Inmaterial»; *Boletín Oficial de Aragón* 175. Aragón, G.d., Ed.

BOE:279, (2015): «Resolución de 4 de noviembre de 2015, de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales y de Archivos y Bibliotecas, por la que se incoa expediente de declaración de la Trashumancia como manifestación representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial»; *Boletín Oficial del Estado* 279. España, G.d., Ed.

FAO (2011): «The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Managing systems at risk»; <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N. y SNYDER, P. K. (2005): «Global Consequences of Land Use»; *Science* 309; pp. 570-574.



HAINES-YOUNG, R. H. y POTSCHIN, M., (2010): «The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being»; en RAFFAELLI, D. y FRID, C., eds.: *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge, Cambridge University Press; pp. 110-139.

IPBES (2016): «The assessment report on pollinators, pollination and food production of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem services»; en POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. y NGO, H. T., eds.: *Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Alemania, Bonn; pp. 552; en https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf.

MAPAMA (2015): «¿Qué sabemos de los incendios forestales?».

MARTÍN-LÓPEZ, B., GÓMEZ-BAGGETHUN, E., GARCÍA-LLORENTE, M. y MONTES, C. (2014): «Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment»; *Ecological Indicators* 37; pp. 220-228.

MEA (2005): *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. EEUU, Washington DC, Island Press, World Resources Institute.

RODRÍGUEZ-ORTEGA, T.; OTEROS-ROZAS, E.; RIPOLL-BOSCH, R.; TICHIT, M.; MARTÍN-LÓPEZ, B. y Bernués, A. (2014). «Applying the ecosystem services framework to pasture-based livestock farming systems in Europe»; *Animal* 8; pp. 1361-1372.

RRN (2013): «La trashumancia en España»; *Libro Blanco*. Subdirección General de Modernización de las Explotaciones, Secretaría General de Agricultura y Alimentación. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal; pp. 130. en https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/publicaciones/publicaciones-de-desarrollo-rural/LIBRO%20BLANCO%202013_tcm30-131212.pdf.

STEFFEN, W., RICHARDSON, K., ROCKSTRÖM, J., CORNELL, S.E., FETZER, I., BENNETT, E.M., BIGGS, R., CARPENTER, S.R., DE VRIES, W., DE WIT, C.A., FOLKE, C., GERTEN, D., HEINKE, J., MACE, G.M., PERSSON, L.M., RAMANATHAN, V., REYERS, B. y SÖRLIN, S. (2015): «Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet»; *Science* 347.

TEEB (2010): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. Reino Unido y EEUU. Phuspam Kumar, Earthscan.

UNESCO (2019): «World Heritage»; en <http://whc.unesco.org>.





El secuestro de carbono en los sistemas ganaderos, sus oportunidades y desafíos

Marta A. Alfaro

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Remehue)

Jaime Mejías

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Carillanca)

Resumen / Abstract

Las pasturas ofrecen múltiples beneficios a la sociedad, brindando una gama de productos útiles (carne, leche, cueros, pieles, etc.) y de servicios ecosistémicos. Estos incluyen su contribución a la conservación de la biodiversidad, el suministro de agua limpia y el secuestro de carbono. El carbono del suelo es importante como aspecto clave de la calidad de la tierra y de su acumulación de dióxido de carbono, a través del crecimiento de las plantas, que capturan carbono de la atmósfera y lo almacenan en el suelo.

Este documento otorga una visión de la potencial contribución del sector a la captura de carbono y sobre prácticas de manejo que pueden implementarse a nivel predial con esta finalidad.

Pastures offer multiple benefits to society, including a range of useful products (meat, milk, hides, skins, etc.) and ecosystem services. The latter include its contribution to the conservation of biodiversity, the supply of clean water, and carbon sequestration. Soil carbon is a key aspect of soil quality and the accumulation of carbon dioxide, through the growth of plants, resulting in carbon capture from the atmosphere, when stored in the soil.

This document provides a vision of the potential sector contribution to carbon capture and on practices and management that can be implemented at the farm level to enhance this process.



1. Introducción

El aumento de la población mundial ha generado un incremento en la demanda de alimentos y en especial de proteínas de origen animal. Esta demanda es mayor en la medida que crece el ingreso per cápita de los países en desarrollo y resulta en la intensificación de sistemas productivos ganaderos tradicionales.

Cuando esta intensificación se realiza de manera inadecuada, puede acarrear impactos negativos sobre el medioambiente (agua, suelo, aire). Uno de los principales efectos ambientales asociados a la producción ganadera a escala mundial es la generación de gases de efecto invernadero (GEI).

El efecto invernadero es un proceso natural. De toda la energía solar que llega al planeta, el 30 % es reflejado como espejo hacia el espacio, un 20 % es retenido por la atmósfera, mientras que el 50 % restante llega a la superficie terrestre, calentándola. La superficie terrestre absorbe una parte de la radiación que ha penetrado y desprende el resto, enviándola al espacio en forma de radiación infrarroja. Este mecanismo otorga condiciones óptimas para la vida, ya que permite que la temperatura media del planeta esté en torno a los 15 °C, de lo contrario se estima que bordearía los -6 °C.

El GEI natural más importante es el vapor de agua, mientras que los principales GEI generados por las actividades antrópicas son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los gases hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆). De estos, el CO₂, el CH₄ y el N₂O se generan en el ámbito agrícola y ganadero.

Las emisiones mundiales de GEI se han incrementado en un 81 % entre 1970 (27 Gt año⁻¹) y 2010 (49 Gt año⁻¹), por lo que la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado en 0,6 °C desde finales del siglo XIX. A escala global, las emisiones de GEI en el año 2010 provenían principalmente de actividades ligadas a la producción de energía (34,6 %), a la actividad de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (24 %) y a la actividad industrial (21 %) (Gráfico 1).

El sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra es responsable por un c. 24 % de las emisiones de GEI de origen antropogénico a escala mundial, considerando emisiones directas e indirectas¹, mientras que la ganadería es responsable de un 14,5 % de las emisiones globales de GEI, alcanzando a 7,1 Gt CO₂ eq año⁻¹ (Gerber *et al.*, 2013). Casi el 40 % del total de las emisiones del ganado provienen de la fermentación entérica con c. de un 50 % asociado a la producción de alimentos, incluyendo: deposición y aplicación de estiércol (16 %), trabajo de campo (13 %), aplicación de fertilizantes (8 %) y cambios en el uso de la tierra (9 %).

La ganadería lechera ocupa el segundo lugar en las emisiones globales asociadas a la producción animal (Gráfico 2), alcanzando 2.128 millones de toneladas de CO₂ eq en 2010², esto es, un 4,1 % de las emisiones globales de GEI.

• • • • •

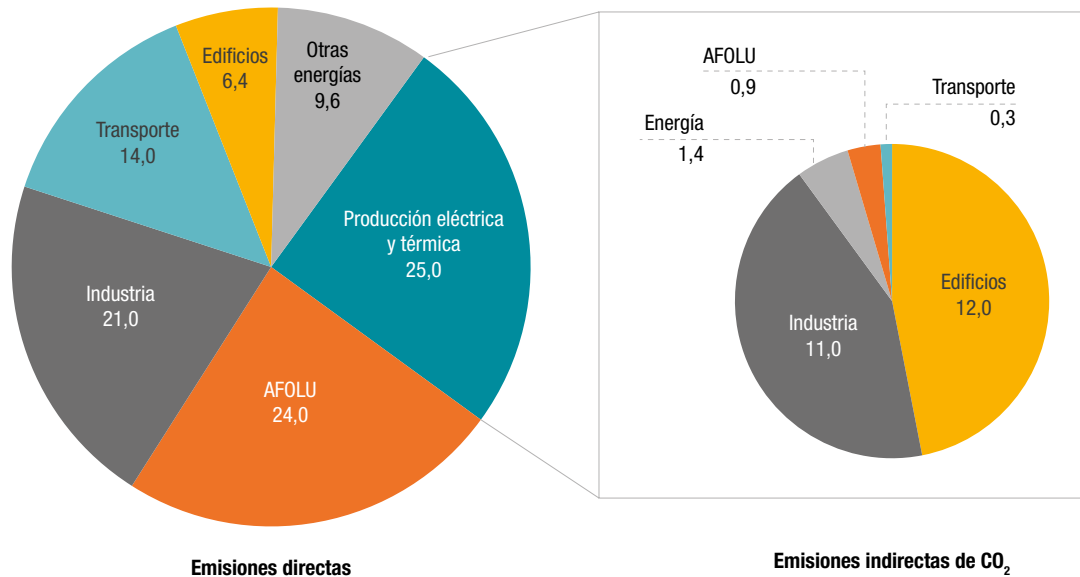
¹ SMITH *et al.* (2014).

² GERBER *et al.* (2013).



Gráfico 1.

Emisiones de GEI totales por sector de la economía (Gt CO₂ eq) y contribución porcentual por sector (2010)

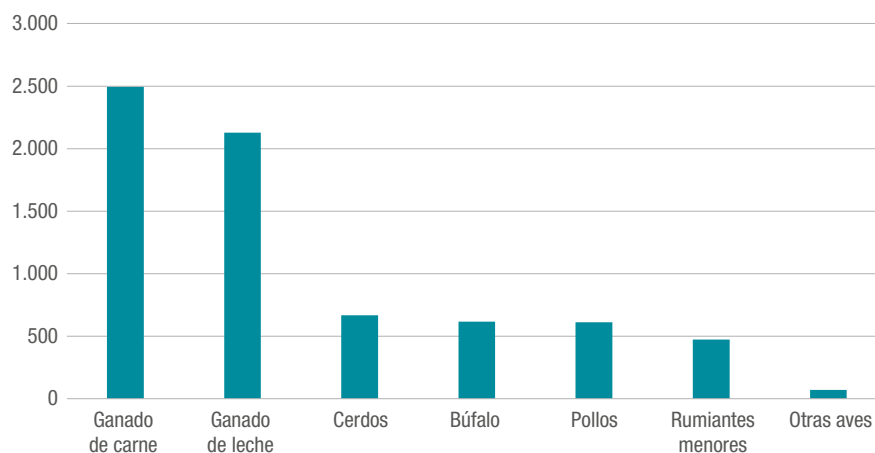


El arco del círculo exterior muestra cómo las proporciones de las emisiones indirectas de CO₂ (en porcentaje de emisiones de GEI totales) derivadas de la producción eléctrica y térmica, están atribuidas a sectores de uso final de la energía.

Fuente: IPCC (2014).

Gráfico 2.

Emisiones de GEI por sistema de producción animal. En millones de toneladas de CO₂ eq

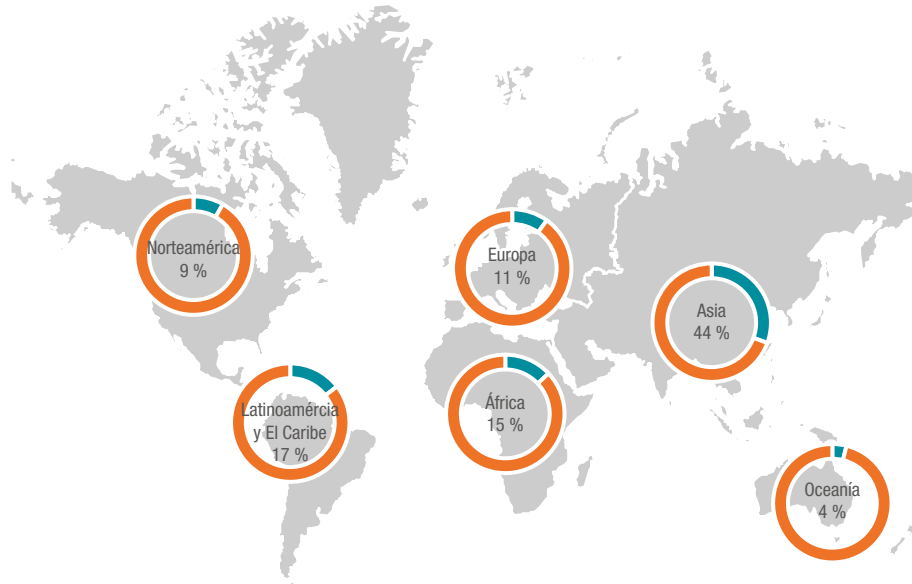


Fuente: Gerber *et al.* (2013).

A escala global, las emisiones de GEI del sector agricultura y ganadería se concentran en países de Asia (Figura 1), que presentan, además, la mayor tasa de crecimiento promedio de las emisiones (5,4 % anual) para el periodo 2000-2010 (Blanco *et al.*, 2014).

**Figura 1.**

Distribución global de las emisiones de GEI del sector agricultura y ganadería por región (2005-2014).
En porcentaje



Fuente: FAO (2016). Elaboración propia.

La ganadería provee una variedad de bienes y servicios a la sociedad. El ganado representa el 40 % del valor global de la producción agrícola y es la base de los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas, incluyendo pequeños productores. La revolución ganadera de los últimos decenios ha permitido un progreso significativo del sector. El aumento acelerado de la demanda de alimentos de origen animal en las economías mundiales ha provocado el incremento de la producción ganadera, en conjunto con innovaciones tecnológicas y cambios estructurales en el sector. Sin embargo, de manera paralela, el sector enfrenta desafíos significativos tales como consumidores cada vez más exigentes del impacto ambiental de la actividad sobre los ecosistemas y los recursos naturales (tierra, agua y biodiversidad), y el bienestar animal³, incluyendo: la deforestación, la creciente competencia de otros sectores por los mismos recursos y la presión por dietas flexitarianas, vegetarianas o veganas⁴. A esto se suman las implicancias sociales de los cambios estructurales del sector, que en muchos casos permanecen pendientes para aquellos productores más susceptibles de los efectos del cambio climático.

Al mismo tiempo, se reconoce que el sector puede desempeñar una función fundamental en la mitigación del cambio climático a través de la adopción de tecnologías mejoradas, siendo también clave para la seguridad alimentaria global futura. Entre las contribuciones significativas que se reconocen al sector, se incluye su potencial contribución al secuestro de carbono.

• • • • •

³ FAO (2009).

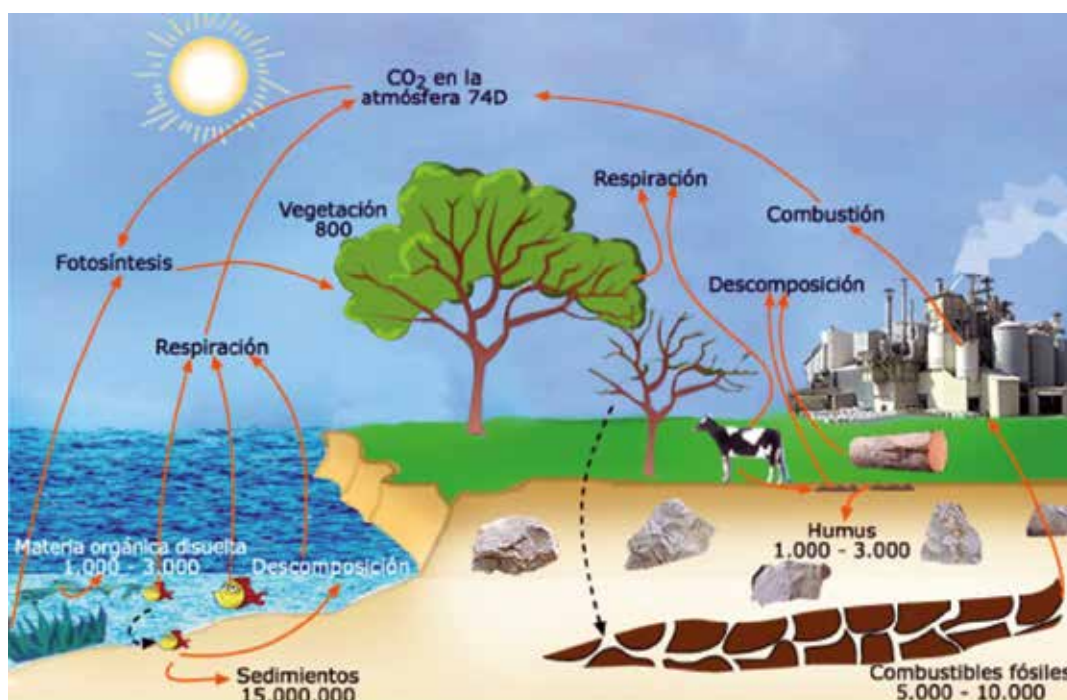
⁴ GPAFSN (2020).

2. El carbono

El suelo y la vegetación, dada su capacidad natural de capturar CO_2 y almacenarlo como parte de sus estructuras físicas, representan los principales sumideros de carbono disponibles en el sector agropecuario, representando así una oportunidad para su captura. La degradación y pérdida de suelos, reduce o elimina sus funciones y su capacidad para respaldar servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano.

El secuestro de carbono es la transferencia de C desde la atmósfera al suelo, mayor reservorio de carbono orgánico terrestre. El carbono orgánico del suelo (COS) es el carbono que permanece en el suelo después de la descomposición parcial de cualquier material, producido por organismos vivos. Constituye un elemento clave del ciclo global del carbono a través de la atmósfera, vegetación, suelo, ríos y océano (Figura 2).

Figura 2.
Ciclo del Carbono y carbono orgánico del suelo (COS)



Fuente: FAO (2018).

Se ha estimado que las mayores cantidades de COS se almacenan en la región de permafrost al norte del globo terráqueo, con alrededor de 690 Gt C, principalmente en suelos de turba, debido a las bajas temperaturas que conducen a una baja actividad biológica y una lenta descomposición de la materia orgánica del suelo (Lappalainen, 1996). Por el contrario, en regiones secas y cálidas como el desierto del Sahara, el crecimiento de las plantas es naturalmente escaso y solo una pequeña cantidad de carbono entra en el suelo, típicamente menos del 0,6 % de COS (Figura 3).



Figura 3.
Mapa global de carbono orgánico del suelo



Fuente: FAO (2017).

La principal fuente de retorno de carbono hacia los sistemas terrestres es la fotosíntesis, la cual en sistemas naturales se encuentra en relativo balance con la principal fuente de emisión, a través de la respiración. Cuando el resultado de las entradas menos salidas de C al ecosistema es positivo, se entiende que el carbono fue efectivamente secuestrado en el suelo.

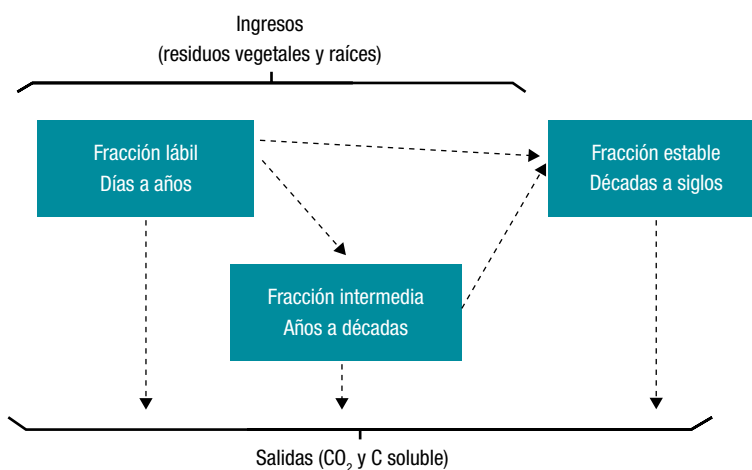
En el suelo, el carbono se encuentra en distintas fracciones o *pools*, según la facilidad de degradación del material de origen, desde lábil hasta estable (Figura 4). El recambio de materia orgánica lábil ocurre entre un día y un año. Las fracciones intermedias tienen una tasa de recambio de entre unos años hasta décadas. Ambas fracciones se originan de plantas, animales, residuos bacterianos y fúngicos. La fracción intermedia es muy activa y está influenciada por las prácticas de manejo del suelo. Finalmente, la fracción estable se produce en escalas que van desde décadas hasta siglos y se origina en las fracciones lábiles e intermedias, e involucra la mayor parte del COS. Se genera en plantas, animales, bacterias o residuos de hongos y productos metabólicos microbianos. Además, puede encontrarse en agregados y/o adsorbido en superficies minerales, lo que le otorga un mayor grado de protección a la transformación⁵.

5 DIGNAC *et al.* (2017).



Para favorecer el secuestro de carbono, el material de origen no debe descomponerse rápido por efecto de la actividad de los organismos del suelo. Asimismo, su adición no debiera generar un efecto *priming*, esto es, que favorece la degradación de grandes cantidades del carbono preexistente en el suelo⁶.

Figura 4.
Fracciones o *pools* de carbono en el suelo, dependiendo de su facilidad de degradación



Fuente: Dignac *et al.* (2017). Elaboración propia.

De acuerdo a Dignac *et al.* (2017) se reconocen dos mecanismos que influyen en la estabilización o desestabilización del COS:

- a) *Mecanismos bióticos*, relacionados a la biomasa viva y la biodiversidad del suelo (plantas, fauna, microorganismos). En regiones templadas y tropicales se reconoce que la estabilización a largo plazo del C está controlada por interacciones entre microorganismos (hongos y bacterias) y raíces, lombrices de tierra, termitas, hormigas y la matriz mineral del suelo. Las plantas son la principal fuente de C orgánico del suelo, a través de la producción de hojarasca (brotes y raíces), exudados de raíces y asociaciones simbióticas (fijadoras de nitrógeno y micorrizas). Adicionalmente, las plantas contribuyen a los mecanismos de estabilización del suelo produciendo compuestos poco degradables y promoviendo la formación de agregados estables. Al limitar la erosión, también contribuyen a la conservación de la MO del suelo. Las plantas tienen una amplia gama de sistemas radiculares y su influencia en el suelo varía con la especie y las características de su sistema radicular (arquitectura, morfología, fisiología, composición química y asociaciones simbióticas).

• • • • • • • • • •

⁶ LAL (2011).



b) *Mecanismos abióticos*, como localización en el suelo, estructura física y puntos críticos de degradación o estabilización, e interacciones organominerales. El suelo es un entorno heterogéneo. A escala de paisaje, la diversidad del suelo depende de su textura y mineralogía, la topografía y el manejo. A escala predial, el mayor efecto se genera por medio de las prácticas de manejo. A escala de procesos, la heterogeneidad depende de la estructura física del suelo. El cambio climático y, especialmente, el régimen hídrico afecta directamente al suelo (por ejemplo, en situaciones de inundaciones o sequías prolongadas) como también en un efecto dominó al impactar a las plantas y a los organismos vivos que lo habitan.

El clima (precipitaciones y temperatura) y el uso de suelo han sido considerados tradicionalmente como los factores que controlan la dinámica del carbono del suelo y, por tanto, su secuestro⁷. A futuro, se espera que las temperaturas elevadas aumenten la tasa de respiración del suelo asociada con la descomposición y, así, a una pérdida de carbono. Además, se espera que el aumento de la temperatura generada por el cambio global afecte la descomposición más que a la productividad primaria y, en consecuencia, se genere una pérdida neta del COS. También, a que esta pérdida sea mayor en latitudes más altas, donde los procesos de descomposición están limitados en la actualidad por la temperatura. Asimismo, los cambios en la composición microbiana a lo largo del tiempo pueden resultar en una transición a comunidades que son más tolerantes a las altas temperaturas. Todos los resultados sugieren que dichas pérdidas futuras de carbono del suelo pueden ser incluso mayores a lo que se suponía previo al calentamiento global.

En cuanto a la pluviometría, los modelos climáticos globales sugieren que el cambio en los patrones de precipitación en climas templados significará veranos más secos e inviernos más húmedos. El aumento en la frecuencia y severidad de las sequías en verano reducirá la productividad primaria neta y, por lo tanto, el suministro de materia orgánica al suelo⁸.

Adicionalmente, estudios más recientes evidencian que la dinámica del carbono en profundidad es controlada más por el tipo de suelo, particularmente asociado al contenido de arcilla y su mineralogía, que por el clima⁹.

Uno de los desafíos científicos que aún persisten en esta área es lograr cuantificar un cambio relativamente pequeño de acumulación de carbono contra un contenido original muy grande. En este sentido, estudios de largo plazo y el uso de modelos representan una oportunidad para la generación de información y la evaluación de escenarios a futuro. Sin embargo, aún existen altos niveles de incertidumbre en este tipo de estimaciones¹⁰.

• • • • •

⁷ MATHIEU *et al.* (2015).

⁸ FAO (2011).

⁹ MATHIEU *et al.* (2015).

¹⁰ SMITH (2014) y LEVY *et al.* (2007).



3. Mitigación y secuestro de carbono en sistemas ganaderos

El ganado es el mayor usuario mundial de suelo, la superficie usada para sistemas pastoriles (3.400 millones de hectáreas) y la producción de forrajes para su alimentación (500 millones de hectáreas) representan prácticamente el 80 % de todas las tierras agrícolas. Si se considera la superficie de la Tierra sin hielo, el 26 % de ella corresponde a sistemas pastoriles, abarcando una gran variedad de climas, desde secos hasta húmedos¹¹.

La materia orgánica del suelo en pastizales templados promedia $33,1 \times 10^4$ g m², por lo que los suelos bajo pastura contienen grandes reservas de carbono en forma de materia orgánica, pudiendo constituir casi el 50 % del C almacenado en bosques a escala global¹². Al favorecer la captura de carbono en estos sistemas, aunque sea a menores tasas que las proyectadas para suelos bajo cultivo¹³, se estima que se podrían reducir las emisiones del sector en el planeta entre el 14 y el 41 %¹⁴. Sin embargo, actualmente, en el mundo, los sistemas de pastoreo son emisores netos de GEI, asociado a la emisión de gases no-CO₂, y los sistemas de pastoreo carbono neutrales son la excepción en lugar de la norma¹⁵.

En suelos destinados a la producción agropecuaria, el aumento del C en el suelo:

- Mejora la estructura del suelo al formar agregados estables (terrones) más resistentes a la compactación.
- Disminuye el riesgo de erosión hídrica (lluvia) y eólica (viento).
- Aumenta la capacidad de infiltración y retención de agua.
- Aumenta la fertilidad, ya que la materia orgánica del suelo retiene nutrientes como el fosfato y nitrato.
- Reduce el uso de fertilizantes (N y P) en el largo plazo.
- Aumenta la biomasa microbiana del suelo como los hongos micorrícicos, que llevan nutrientes a las raíces de plantas.
- Incrementa la biodiversidad y la presencia de agentes biológicos que controlan enfermedades.

11 STEINFELD *et al.* (2006).

12 FAO (2010).

13 LAL (2011).

14 FAO (2009).

15 GODDE *et al.* (2020).



La influencia de las prácticas de manejo en la cantidad de COS es muy relevante tanto para la mantención de las funciones del suelo como para el crecimiento de las plantas. Dado que las pasturas no son sumideros de carbono, se requiere su gestión explícita y adecuada para favorecer su capacidad de almacenamiento. Así, los sistemas ganaderos pueden priorizar prácticas de manejo que les permitan favorecer las entradas de carbono al suelo o disminuir sus salidas.

En el mundo, se estima que las pasturas pueden potencialmente secuestrar entre 37 y 800 Mt CO₂ año⁻¹, con resultados viables económicamente de entre 144 y 800 Mt CO₂ eq año⁻¹ en 2030, a un costo de US \$ 20 y US \$ 100 por t CO₂ eq (Godde *et al.*, 2020). En general, mejores prácticas de manejo y la conversión de suelos bajo cultivo a pasturas, aumenta el contenido de C del suelo. Por ejemplo, sistemas de pastoreo mejorados, a través de una intensidad de pastoreo ajustada, con uso de leguminosas o gramíneas sembradas y con una fertilización balanceada, pueden llegar a tasas de secuestro de 1,76 t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹, mientras que la conversión de cultivo a pastura genera tasas de 0,47 t C ha⁻¹ año⁻¹ (Conant *et al.*, 2017). En forma inversa, prácticas que lleven a la degradación de la pastura y, subsecuentemente del suelo, resultarán en pérdidas del C previamente acumulado (Tabla 1).

En sistemas pastoriles, un factor clave para el secuestro de carbono lo constituye la frecuencia e intensidad de la defoliación¹⁶. En pasturas bajo corte, la producción primaria se exporta y esta salida de C del sistema se compensa parcialmente con la aplicación de fuentes de fertilización orgánica como estiércol. En sistemas pastoriles intensivos, el 60 % de la producción primaria puede ser exportada, al ser consumida por los animales, y una fracción limitada vuelve al suelo por deposiciones de fecas durante el pastoreo o por medio de fuentes de fertilización orgánica. En sistemas de pastoreo extensivos, este valor se reduce y subsecuentemente su impacto en la capacidad de captura de carbono del sistema. Así, un factor clave es la presión de pastoreo, que varía con la carga animal (número de unidades animales por unidad de superficie). De forma ideal, la proporción de carga animal debería ajustarse de manera permanente a la disponibilidad de forraje. No obstante, debido a motivos técnicos, climáticos y, en algunos casos, de gobernanza tales ajustes no son posibles siempre, resultando en la degradación de los suelos bajo pastura.

La evidencia de los beneficios del secuestro de carbono en las variantes holísticas, adaptativas y de otro tipo del pastoreo rotacional son contradictorias¹⁷ o no concluyentes¹⁸, aunque algunos estudios recientes sugieren resultados prometedores en el corto plazo¹⁹.

Aunque no hay una práctica de manejo que funcione en todas las situaciones y entornos, existen principios generales que favorecen la captura de carbono en sistemas productivos. Las prácticas de manejo que aumentan las entradas de carbono al suelo a través de producción adicional de biomasa (p. ej.: agroforestería, cultivos intercalados, cultivos de cobertura) son más efectivas que prácticas como cerolabranza²⁰. También, la aplicación de enmiendas orgánicas estabilizadas tipo compost favorecen el aumento del COS.

¹⁶ SOUSSANA *et al.* (2010).

¹⁷ NORDBORG (2016).

¹⁸ CONANT *et al.* (2017).

¹⁹ STANLEY *et al.* (2018).

²⁰ DIGNAC *et al.* (2017).



Tabla 1.
Factores que favorecen (+) o disminuyen (-) el secuestro de carbono en sistemas ganaderos, y su impacto (positivo o negativo) en las emisiones de óxido nitroso (N₂O) o metano generado por fermentación entérica (CH₄) en sistemas pastoriles, a escala predial

Ámbito	Práctica	Efecto	Externalidad	
			N ₂ O	CH ₄
Suelo	Contenido de arcilla	+	-	No aplica
	Fertilización balanceada	+	+	No aplica
	Fertilización con fuentes orgánicas	+	+/-	No aplica
	Uso intensivo de nitrógeno	-	-	No aplica
	Disminución de la compactación	+	+	No aplica
	Control de la erosión	+	+	+
Pastura	Conversión de cultivo a pastura	+	+	+
	Recuperación de pasturas degradadas	+	+/-	+
	Pastura permanente	+	+/-	+
	Incorporación de leguminosas	+	+/-	+
	Corte frecuente	-	No aplica	+
	Corte intenso	-	No aplica	+
	Riego	+/-	-	No aplica
	Drenaje	-	-	No aplica
Animal	Pastoreo intensivo	-	-	+
	Sobrepastoreo	-	-	-
	Silvopastoreo	+	+	+
	Extensificación	+	+	+
Sistema	Aforestación (cortinas cortavientos)	+	+	+
	Sistemas integrados	+	+/-	+/-
	Manejo del fuego	+	+	+

El mayor desafío, sin embargo, es que el secuestro de carbono puede ser de tiempo limitado y reversible²¹ dependiendo de variaciones en el manejo, de fluctuaciones climáticas, de eventos como inundaciones y erosión²² o de incendios, en particular, en pasturas tipo savanas²³. El mayor potencial de captura de una pastura se produce inmediatamente después del cambio de uso de suelo. Asimismo, varias décadas después de introducir una práctica mejorada, las tasas de secuestro disminuyen a cero a medida que los suelos se acercan a nuevos equilibrios de carbono (Figura 7).

²¹ GODDE *et al.* (2020).

²² KNAPP *et al.* (2002) y SOUSSANA *et al.* (2010).

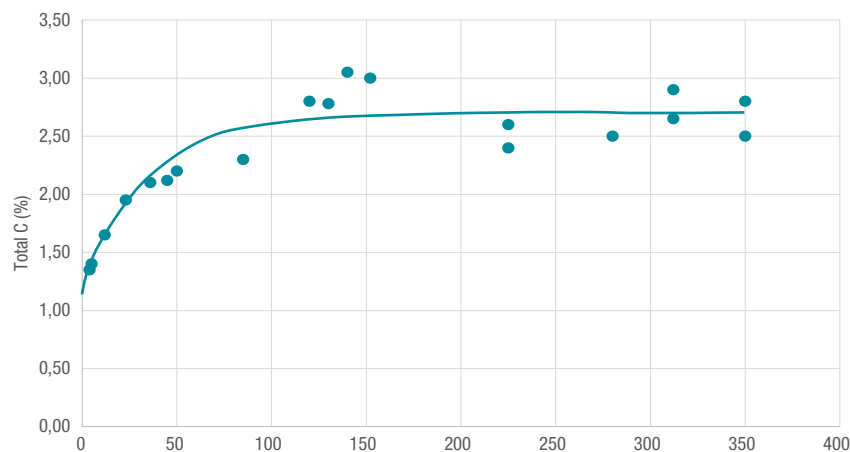
²³ PELLEGRINI *et al.* (2018).



El carbono del suelo puede seguir aumentando en el largo plazo, hasta 100 años después de un cambio de uso del suelo. Alrededor de este plazo, el C se estabiliza alcanzado un nuevo nivel de equilibrio, tal y como demuestran los resultados de experimentos de largo plazo en Rothamsted (Reino Unido) (Gráfico 3).

Gráfico 3.

Incremento de carbono en el suelo (% C, 23 cm de profundidad), asumiendo una relación C: N de 10: 1 en suelos franco-arcillosos limosos sembrados con pastura, varias veces y durante varios períodos en Rothamsted (Reino Unido)



Fuente: Smith (2014). Elaboración propia.

Estos resultados muestran que el carbono se acumulará en las pasturas cuando estas pasan de una gestión subóptima a una óptima y por periodos largos de tiempo (p. ej., 100 años), después un cambio de uso de suelo o una intervención²⁴.

Dado que es más fácil y más rápido para los suelos perder carbono que ganarlo²⁵, debe ser un objetivo de la gestión proteger el *stock* de carbono existente en el suelo, al igual que incrementarlo.

4. Cómo favorecer el secuestro de carbono en sistemas ganaderos

Dadas las emisiones de gases no-CO₂ en sistemas ganaderos (N₂O desde suelos y CH₄ del ganado), las praderas europeas son en su mayoría una fuente de emisión de gases de efecto invernadero²⁶, pero la mayoría de los pastizales en las regiones templadas pueden actuar como sumideros de C

• • • • • • • • • •

²⁴ SMITH (2014).

²⁵ JOHNSON *et al.* (2009).

²⁶ LEVY *et al.* (2007).



(Tabla 2) como en el caso de España²⁷. Lamentablemente, no existe una solución única y cada sistema ganadero debe adoptar las estrategias que mejor se adapten a sus características productivas, el entorno edafoclimático, el soporte técnico disponible y los apoyos económicos.

Las prácticas de manejo que reducen las pérdidas de C y aumentan su secuestro en sistemas ganaderos incluyen²⁸:

- a) Evitar la labranza del suelo y la conversión de pastizales a usos arables.
- b) En praderas de menor producción, reducir la intensificación del pastoreo y favorecer la fertilización balanceada, e intensificar moderadamente los pastizales permanentes pobres en nutrientes.
- c) Usar pastoreo ligero en lugar de pastoreo intensivo. El uso intensivo de la biomasa producida en los pastizales les impide convertirse en sumideros de C.
- d) Aumentar la duración de las praderas, alargar el ciclo de rotación y propender a pasturas permanentes, limitando el uso de fertilizante nitrogenado.
- e) Conversión de pastizales en mezclas de gramíneas y leguminosas o en pastizales permanentes, evitar pasturas de baja diversidad. Esto representa además una estrategia que favorece la adaptación de sistemas pastoriles a los nuevos escenarios de cambio climático.
- f) Incorporar materia orgánica periódicamente, por ejemplo, de residuos de cosecha, estiércol o materia orgánica estabilizada.
- g) Combinar la producción ganadera con la incorporación de árboles y arbustos (silvopastoreo), aprovechando beneficios en sombreado y/o protección del viento.

Estimaciones del secuestro de carbono en Europa usando modelos, indican que la conversión de tierras arables en pasturas produjo un flujo de $1,44 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. La incorporación de paja resultó en acumulaciones de $0,15 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y la aplicación de estiércol en $1,50 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Vleeshouwers y Verhagen, 2002). Las estimaciones variaron entre los países: $4,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para Portugal, $20,7 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para España y $40,1 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para Suiza, dependiendo de condiciones edafoclimáticas y parámetros productivos²⁹.

• • • • •

²⁷ JANSENS *et al.* (2005).

²⁸ Adaptado de SOUSSANA *et al.* (2004).

²⁹ JANSENS *et al.* (2005).



Tabla 2.
Efecto del manejo de pasturas sobre el secuestro de carbono

Manejo	País	Prof. (cm)	Secuestro de C (t C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Promedio de stock de C (t C ha ⁻¹)	Años de observación	Referencia
Cultivo a pastura	Australia	0-15	0,30-0,60	27,5	4 a 42	Sanderman <i>et al.</i> (2010)
Cultivo a pastura	Australia	Rotación pasturas, 0-30 cm de 33 % a 67 %	0,22-0,76	43	10	Chan <i>et al.</i> (2011)
Cultivo a pastura	Australia	Pastura a pastura mejorada	0,76	43	10	Chan <i>et al.</i> (2011)
Cultivo a pastura	Australia	0-30	0,78	31	4,7	Badgery <i>et al.</i> (2014)
Cultivo a pastura	Francia	0-30	0,49 ± 0,26	51,6	20	Arrouays <i>et al.</i> (2002a y b)
Cultivo a pastura	Reino Unido	0-23	0,51	80	35	Goulding y Poulton (2005)
Pastura	Australia	0-10	0,132 ± 0,054	18,3	4 a 40	Lam <i>et al.</i> (2013)
Pastura	Australia	0-30, pastura perenne y anual	0,759 ± 0,049	35	7	Chan <i>et al.</i> (2011)
Incremento de la duración de la pastura	Francia	0-30	0,1 a 0,5 ± 0,24	51,6	20	Arrouays <i>et al.</i> (2002a y b)
Rotación a pastura permanente	Francia	0-30	0,3-0,4	51,6	20	Arrouays <i>et al.</i> (2002a y b)
Intensificación moderada, pastura mejorada	Francia	0-30	0,2 ± 0,25	51,6	20	Arrouays <i>et al.</i> (2002a y b)
Plantar hedgerows	Francia	0-30	0,1 ± 0,05	51,6	20	Arrouays <i>et al.</i> (2002a y b)
Mixto de cultivos anuales entre permanentes	Canadá	0-30	0,46 a 0,72	75	20	VandenBygaart <i>et al.</i> (2008)
Conversión de cultivo anual a pastura	Estados Unidos	0-25	0,84 ± 0,11	Sin información	17 ± 1	Franzluebbers (2010)
Conversión a pastoreo mejorado	Estados Unidos	0-50	0,41	40,1 ± 5,6	3-25	Conant <i>et al.</i> (2003)
Pastoreo en zonas de montaña	Nueva Zelanda	0-30	0,60 ± 0,16	104,8	27	Schipper <i>et al.</i> (2014)
Resiembra, gramíneas pastoreadas con fertilizante N aplicado a 0-500 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹	Irlanda	0-15	1,04-1,45	Sin información	10	Watson <i>et al.</i> (2007)

Fuente: Adaptado de Minasny *et al.* (2017).

En España, y dado que el COS se relaciona positivamente con la precipitación anual y negativamente con la temperatura media anual, el carbono orgánico del suelo disminuye de norte a sur (Figura 5). El COS en suelos bajo pastura se estima en 68,1 Mg C ha⁻¹. En este país, el clima³⁰ y los cambios en el uso de la tierra son el principal factor que afecta el secuestro de carbono³¹. Esto además sugiere

• • • • •

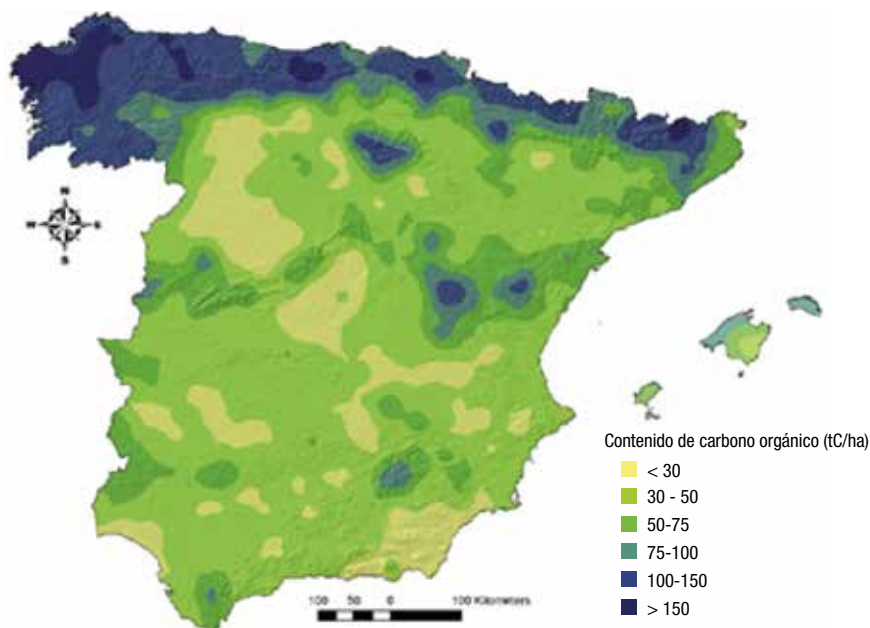
³⁰ DOBLAS-MIRANDA *et al.* (2013).

³¹ RODRÍGUEZ MARTIN *et al.* (2016) y DOBLAS-MIRANDA *et al.* (2013).



que las futuras predicciones del cambio climático de aumento de la temperatura y la reducción de la precipitación pueden reducir considerablemente el potencial de los suelos españoles para capturar carbono. Sin embargo, esto puede estar mediado por cambios en la cobertura vegetal (por ejemplo, favoreciendo el desarrollo de bosques) y exacerbado por perturbaciones como incendios³².

Figura 5.
Mapa del contenido de carbono orgánico del suelo (SOC) en España



Fuente: Rodríguez Martín *et al.* (2016).

5. Desafíos asociados

Reducir la deforestación como herramienta a la expansión de la producción de sistemas ganaderos será uno de los grandes desafíos de los próximos años, en particular en América Central y del Sur³³. Los incrementos en la eficiencia de la producción logrados a la fecha pueden contribuir en este sentido. Asimismo, la aforestación en predios representa una oportunidad para acelerar la captura de carbono. Avanzar en la estimación de balances de carbono integrales prediales, que consideren la contribución de los sectores agropecuario y forestal, contribuirá a estimar las potenciales contribuciones del paisaje rural, en su conjunto.

• • • • •

³² DOBLAS-MIRANDA *et al.* (2013).

³³ FAO (2009).



A escala predial, las principales limitaciones que enfrenta el productor dicen relación con: i) la incertidumbre asociada a los potenciales beneficios, incluyendo efectos en el rendimiento y la productividad, ii) los requerimientos de implementación y mantención en el largo plazo de las prácticas recomendadas; y iii) aquellas asociadas a la alta variabilidad en la cuantificación del secuestro de C. Estos aspectos limitan la adopción de prácticas de manejo más recomendadas. En este sentido, se requiere soporte técnico permanente tanto en la implementación como en el seguimiento. Los programas de asistencia productiva debieran considerar desarrollos y progresos graduales. Asimismo, los beneficios ecosistémicos aportados no son adecuadamente valorados en términos económicos, constituyendo una barrera de costo. Un adecuado incentivo económico que promueva un cambio en la toma de decisión, favoreciendo la conservación y el desarrollo productivo sostenible, sigue constituyendo una barrera a la adopción.

Evaluar el potencial de secuestro de C requiere información cuantificable sobre los diversos procesos y sus impulsores en el ciclo C terrestre. Aún queda trabajo pendiente para comprender los procesos que potencian estas capturas. Asimismo, reducir las emisiones de gases no-CO₂ en sistemas ganaderos, tales como metano de origen entérico y el óxido nitroso por uso de fertilizantes, siguen existiendo como desafíos. El éxito en este sentido no provendrá de estrategias universales y aisladas, sino de la aproximación integrada y colaborativa. Una metodología, que favorece una adecuada comprensión de estas sinergias, es el análisis de ciclo de vida a distintos niveles, desde el predio a la escala de paisaje.

6. Conclusiones

El impacto del secuestro de carbono en sistemas ganaderos como contribución a la mitigación del sector depende del balance final estimado, al considerar la emisión de gases no-CO₂ asociados a la producción.

Reducir la deforestación, como herramienta a la expansión de la producción de sistemas ganaderos, será uno de los grandes desafíos de los próximos años para alcanzar sistemas productivos y sostenibles a escala global. Avanzar en la estimación de balances de carbono integrales prediales, que consideren la contribución de los sectores agropecuarios y forestales, contribuirá a valorar las potenciales contribuciones del paisaje rural en su conjunto.

A escala predial, las principales limitaciones que enfrenta el productor dicen relación con la incertidumbre asociada a los beneficios potenciales y de los requerimientos a la necesidad de la mantención en el largo plazo de las prácticas recomendadas; soporte técnico permanente y un adecuado incentivo económico.

La buena gestión es primordial, dado que es más fácil y más rápido para los suelos perder carbono que ganarlo. Así, debe ser un objetivo del sistema productivo proteger el *stock* de carbono existente en el suelo, además de incrementarlo.

Los retos planteados por el sector ganadero no pueden solucionarse con una única línea de acción o a través de acciones individuales, exigen el esfuerzo conjunto de un amplio abanico de interesados. Tal esfuerzo debe abordar las causas y sus consecuencias sociales y ambientales. Un enfoque



colaborativo y constructivo es esencial para progresar hacia un sector ganadero más responsable, que pueda satisfacer las diferentes y, a veces contradictorias, necesidades de la sociedad.

Referencias bibliográficas

BLANCO, G.; GERLAGH, R.; SUH, S.; BARRETT, J.; DE CONINCK, H. C.; DIAZ MOREJON, C. F.; MATHUR, R.; NAKICENOVIC, N.; OFOSU, A.; PAN, J.; PATHAK, H.; RICE, J.; RICHEL, R.; SMITH, S. J.; STERN, D. I.; TOTH, F. L. y ZHOU, P. (2014): «Drivers, Trends and Mitigation»; en EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICKEL, T. y MINX, J. C., eds.: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*; Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Reino Unido, Cambridge, Cambridge University Press y EEUU, New York.

CONANT, R. T.; CERRI, C.; OSBORNE, B. B. y PAUSTIAN, K. (2017): «Grassland management impacts on soil carbon stock: a new synthesis»; *Ecological Applications* 27(2); pp. 662-668.

DIGNAC, M. F.; DERRIEN, D.; BARRÉ, P.; BAROT, S.; CÉCILLON, L.; CHENU, C.; CHEVALLIER, T.; FRESCHET, G. T.; GARNIER, P.; GUENET, B.; HEDDE, M.; KLUMPP, K.; LASHERMES, G.; MARON, P.; NUNAN, N.; ROUMET, C. y BASILE-DOELSCH, I. (2017): «Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review»; *Agronomy for Sustainable Development* 37; pp. 14.

DOBLAS-MIRANDA, E.; ROVIRA, P.; BROTONS, L.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; RETANA, J.; PLA, M. y VAYREDA, J. (2013): «Soil carbon stocks and their variability across the forests, shrublands and grasslands of peninsular Spain»; *Biogeosciences* 10; pp. 8353-8361.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2007): *State of the World's Forests 2007*. Roma, FAO.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2009): *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma, FAO.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2010): *Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation*. Roma, FAO.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2011): *World Livestock 2011 - Livestock in food security*. Roma, FAO.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2016): *Greenhouse gas emissions from Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Roma, FAO.



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2017): *Mapa de carbono orgánico del suelo*. Roma, FAO.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). (2018): *World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals*. Roma, FAO.

GERBER, P. J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; FALCUCCI, A. y TEMPPIO, G. (2013): *Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Roma, FAO.

GLOBAL PANEL ON AGRICULTURE AND FOOD SYSTEMS FOR NUTRITION (GPAFSN) (2020): «Rethinking trade policies to support healthier diets»; Policy Brief 13; pp. 32.

GODDE, C.; DE BOER, I.; ZU ERMGASSEN, E.; HERRERO, M.; VAN MIDDELAAR, C.; MULLER, A.; RÖÖS, E.; SCHADER, C.; SMITH, P.; VAN ZANTEN, H. y GARNETT, T. (2020): «Soil carbon sequestration in grazing systems: managing expectations»; *Climatic Change* 161; pp. 385-391.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2014): «Resumen para responsables de políticas»; EDENHOFER, O.; PICHES-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICKEL, T. y MINX, J. C., eds.: *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático*. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Reino Unido, Cambridge, Cambridge University Press y EEUU, Nueva York.

JANSSENS, I. A.; FREIBAUER, A.; SCHLAMADINGER, B.; CEULEMANS, R.; CIAIS, P.; DOLMAN, A. J.; HEIMANN, M.; NABUURS, G.; SMITH, P.; VALENTINI, R.; y SCHULZE, E. D. (2005): «The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study»; *Biogeosciences* 2; pp. 15-26.

JOHNSON, A. E.; POULTON, P. R y COLEMAN, K. (2009): «Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes»; *Advances in Agronomy* 101; pp. 1-57.

KNAPP, A.; FAY, P. A.; BLAI, J.; COLLINS, S.; SMITH, M.; CARLISLE, J.; HARPER, C.; DANNER, B.; LETT, M. y MCCARRON, M. (2002): «Rainfall Variability, Carbon Cycling, and Plant Species Diversity in a Mesic Grassland»; *Science* 298(5601); pp. 2202-2205.

LAL, R. (2011): «Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems»; *Food Policy* 36(1); pp. S33-S39.

LAPPALAINEN, E. (1996): *Global Peat Resources*. Finland. Juskä: International Peat Society and Geological Survey of Finland.

LEVY, P. E.; MOBBS, D. C.; JONES, S. K.; MILNE, R.; CAMPBELL, C. y SUTTON, M. A. (2007): «Simulation of fluxes of greenhouse gases from European grasslands using the DNDC model»; *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121; pp. 186-192.



MATHIEU, J.; HATTÉ, C.; BALESSENT, J. y PARENT, E. (2015): «Deep soil carbon dynamics are driven more by soil type than by climate: a worldwide meta-analysis of radiocarbon profiles»; *Global Change Biology* 21(11); pp. 4278-4292.

NORDBORG, M. (2016): *Holistic management - a critical review of Allan Savory's grazing method*. Uppsala. SLU/EPOK – Centre for Organic Food & Farming & Chalmers.

PANICHINI, M. y OVALLE, C. (2020): «Secuestro de carbono en suelos, opción real para la mitigación», *Tierra Adentro* 112; pp. 16-20.

PELLEGRINI, A.; AHLSTRÖM, A.; HOBBIE, S.; REICH, P.; NIERADZIK, L.; STAYER, C.; SCHARENBRUCH, B.; JUMPPONEN, A.; ANDEREGG, W.; RANDERSON, J. y JACKSON, R. (2018): «Fire frequency drives decadal changes in soil carbon and nitrogen and ecosystem productivity»; *Nature* 553(7687); pp. 194-198.

RODRÍGUEZ MARTÍN, J. A.; ÁLVARO-FUENTES, J.; GONZALO, J.; GIL, C.; RAMOS-MIRAS, J. J.; GRAU CORBÍ, J. M. y BOLUDA, R. (2016): «Assessment of the soil organic carbon stock in Spain», *Geoderma* 264; pp. 117-125.

SMITH, P. (2014): «Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?»; *Global Change Biology* 20; pp. 2708-2711.

SMITH, P.; BUSTAMANTE, M.; AHAMMAD, H.; CLARK, H.; DONG, H.; ELSIDDIG, E. A.; HABERL, H.; HARPER, R.; HOUSE, J.; JAFARI, M.; MASERA, O.; MBOW, C.; RAVINDRANATH, N. H.; RICE, C. W.; ROBLEDO, C.; ABAD, A.; ROMANOVSKAYA, A.; SPERLING, F. y TUBIELLO, F. (2014): «Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)»; en EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICKEL, T. y MINX, J. C., eds.: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Reino Unido, Cambridge, Cambridge University Press y EEUU, New York.

SOUSSANA, J. F.; LOISEAU, P.; VUICHARD, N.; CESCHIA, E.; BALESSENT, J.; CHEVALLIER, T. y Arrouays, D. (2004): «Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands»; *Soil Use and Management* 20; pp. 219-230.

SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T. y BLANFORT, V. (2010): «Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands», *Animal* 4(3); pp. 334- 350.

STANLEY, P. L.; ROWNTREEM J. E.; BEEDE, D. K.; DELONGE, M. S. y HAMM, M. W. (2018): «Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems»; *Agricultural Systems* 162; pp. 249-258.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M. y DE HAAN, C. (2006): *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. Roma, FAO.



VLEESHOUWERS, L. M. y VERHAGEN, A. (2002): «Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe»; *Global Change Biology* 8(6); pp. 519-530.



La huella ambiental de producto

Una estrategia de futuro de la Comisión Europea

Assumpció Antón

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària (IRTA)

Resumen / Abstract

El creciente interés por los temas ambientales tanto por parte de la opinión pública, en general, como del propio sector productivo/industrial con el fin de adaptarse a esta demanda, en particular, ha propiciado una proliferación de iniciativas y métodos para estimar impactos ambientales. Se detecta, por parte de la Comisión Europea (CE), y ante el reto del mercado único, la necesidad de armonizar y simplificar dichos métodos de cuantificación ambiental. Surge así la iniciativa de huella ambiental de productos y organizaciones de normalización de la metodología con el objetivo de proporcionar una información ambiental cuantitativa que sea reproducible, comparable y verificable de los productos, y organizaciones.

La metodología propuesta por dicha iniciativa se basa en la herramienta de análisis de ciclo de vida (ACV), esto significa enfocarse en toda la cadena de producción y dar respuesta a los diferentes problemas ambientales.

Este capítulo presenta un resumen de los aspectos metodológicos más relevantes del trabajo desarrollado en el marco de la mencionada iniciativa y cómo dichos aspectos quedaran recogidos en los documentos de reglas de cálculo. El objetivo de estos documentos es fijar un conjunto coherente de reglas para calcular la información ambiental relevante de productos dentro de una misma categoría, (p. ej., reglas de cálculo del sector lácteo).

The growing interest in environmental issues, both by society in general, and by the productive / industrial sector to adapt itself to this demand, has led to a proliferation of initiatives and methods to estimate environmental impacts. The need to harmonize and simplify these environmental quantification methods is detected by the European Commission, EC, and faced with the challenge of the single market. Hence the initiative of the Environmental Footprint of Products and Organizations of standardization of the methodology in order to provide quantitative environmental information that is reproducible, comparable and verifiable.



The methodology proposed by this initiative is based on the Life Cycle Analysis, LCA, this means focusing on the entire production chain and responding to different environmental problems.

This chapter presents a summary of the most relevant methodological aspects of the work carried out within the framework of the afore mentioned initiative and how these aspects will be included in the category rules documents. The objective of these documents is to establish a coherent set of rules to calculate the relevant environmental information of products within the same category, (e.g. Product Environmental Footprint Category Rules for the dairy sector)

1. Introducción

No cabe duda de que en la actualidad nos encontramos ante un creciente interés por los temas ambientales tanto por parte de la opinión pública, en general, como del propio sector productivo/ industrial, en particular, con el fin de adaptarse a esta demanda. Interés que propicia que las diversas administraciones, en primer lugar la Unión Europea, pero también las locales, busquen la manera de asegurar una mejor gestión ambiental a través de nuevas legislaciones y estrategias. Sirvan como ejemplos: *Farm to Fork Strategy*, reforma de la Política Agraria Común (PAC) 2021-2027, la Ley de Cambio Climático (abril de 2021), etc.

Esto nos conduce a la inquietud en el mundo empresarial de cómo cuantificar y comunicar que se están haciendo las cosas correctamente, viéndose el etiquetado ambiental como una oportunidad para ello.

Ante a una proliferación de iniciativas y métodos para estimar impactos ambientales –actualmente 455 ecoetiquetas identificadas (Ecolabel Index, 2021)–, se detecta por parte de la Comisión Europea (CE), y ante el reto del mercado único, la necesidad de armonizar y simplificar métodos de cuantificación ambiental. Surge así la iniciativa de normalización de la metodología con el fin de proporcionar una información ambiental cuantitativa que sea reproducible, comparable y verificable de los productos, y organizaciones.

En 2013 se lanza la iniciativa Huella Ambiental de Productos (PEF) y Organizaciones (OEF) –*Product Environmental Footprint* y *Organisation Environmental Footprint*, respectivamente; enfocándonos en este documento en la primera–, que pretende ser la base para un futuro ecoetiquetaje ambiental. Esta metodología común implica que en el futuro puede haber políticas (se está discutiendo su implementación) que potenciarán u obligarán al etiquetaje ambiental, y que este se basará en unas normas metodológicas de cálculo, específicas para cada sector (p. ej., leche, aceite). Por tanto, el esfuerzo de consensuar todo el conjunto de métodos pasa por la definición de una metodología básica (EC, 2017), pero conscientes de las especificidades de cada sector productivo, donde deberán desarrollarse reglas de cálculo de huellas ambientales específicas para cada uno de ellos o categoría de productos, conocidas en inglés por *Product Environmental Footprint Category Rules* (PEFCR).

Dedicaremos este capítulo a explicar como se ha desarrollado esta iniciativa, un resumen de los aspectos metodológicos más relevantes y como estos quedarán recogidos en las mencionadas reglas de cálculo (PEFCR). Se hará especial incidencia a aquellos aspectos que afectan el sector ganadero.



2. Desarrollo Iniciativa Huella Ambiental de Producto

Podríamos remontar el origen de dicha iniciativa al año 2008, cuando la Comisión Europea, consciente de potenciales consecuencias de disponer de diversas metodologías de cuantificación ambiental, inició una acción exploratoria del uso de una metodología común¹ para medir y proporcionar información ambiental cuantitativa de los productos en el marco de los estudios de análisis de ciclo de vida (ver capítulo 1 de la presente publicación).

Resulta importante incidir que el análisis de ciclo de vida será la metodología recomendada por la Comisión Europea para la cuantificación ambiental, por su visión holística de cadena de producción, y entendiéndose como huella ambiental a una cuantificación exhaustiva de impactos, más allá de las más clásicas huellas de carbono o hídrica.

El trabajo de la EF iniciativa se ha basado en una revisión de la metodología existente (ISO 14040, 2006a; ISO 14044, 2006b; PAS2050, 2011; EU-JRC 2010, 2011; entre otros) para construir una guía consensuada de como llevar a cabo esa cuantificación ambiental.

Igualmente, en el marco de la iniciativa se han realizado una serie de pruebas piloto para desarrollar y comprobar ejemplos prácticos de PEFCR y PEF para productos específicos. En el sector alimentario, dichas pruebas piloto han incluido: aceite oliva, pasta, vino, cerveza, lácteos, piensos, agua en botella y alimentación para perros y gatos –hay que remarcar que el café, la pesca y la carne eran productos seleccionados, pero que no se han finalizado por motivos diversos–. En una segunda convocatoria se han añadido los sectores de plantas ornamentales y nuevamente la de pesca.

Actualmente, esta iniciativa se halla en un período de transición, hasta 2023, donde se pretende incidir en aquellos aspectos que aún quedan por resolver: i) mejoras de cálculo metodológicas, aspecto que aplica principalmente al sector agrario; ii) sistemas de comunicación del ecoetiquetaje, ¿similar a las de tipo energético?, ¿código QR?, etc.; iii) responsabilidad de verificación, ¿terceros, administración?; y iv) grado de obligatoriedad de las declaraciones ambientales.

Dentro del apartado de mejoras metodológicas cabe destacar la creación del grupo de trabajo en Agricultura y, que entre los diversos temas a revisar y optimizar, se ha propuesto la revisión del cálculo de emisiones en el sector ganadero relacionadas con la influencia de la alimentación en la fermentación entérica, gestión de deyecciones y distribución de cargas deyecciones.

También esta etapa de transición implica la revisión de las reglas de cálculo sectoriales desarrolladas mediante las pruebas piloto de huella ambiental del producto.

En el aspecto de comunicación de los resultados de las PEF, varios métodos están bajo discusión. El primero de ellos es decidir si debe ser a través de una ecoetiqueta destinada al consumidor o bien que mejor sea una comunicación entre empresas. En caso de elaboración de ecoetiquetas, se

• • • • • • • •

¹ EU-JRC (2010).



debaten como posibles opciones: i) una etiqueta similar a las del tipo energética, con cinco niveles de comportamiento (A, B, C, D, i, E); ii) un semáforo por colores; iii) un QR, código de barras o similares, para facilitar la búsqueda de información a quien pudiera estar interesado o iv) aprovechar las etiquetas existentes.

Las opciones políticas tratadas han sido: si deben ser obligatorias o voluntarias y también quién debe encargarse de verificarlas –dejarlas en manos de terceros, continuar tomando la iniciativa desde la Administración, integrar el método en políticas existentes (p. ej., ecolabel, EMAS, contratación pública verde) o crear un nuevo tipo de declaración ambiental—. Esto resulta un tema abierto para el debate y se han realizado diferentes encuestas entre los diferentes tipos de actores involucrados, donde las respuestas han sido muy variadas, aunque parece que hay una mayor tendencia para que sean voluntarias y, en caso de hacer una declaración ambiental, entonces sí, exigir que esté bajo la tutela PEF.

3. Metodología cálculo Huella Ambiental de Producto

La metodología PEF se basa en una simplificación de la herramienta de cuantificación ambiental del análisis de ciclo de vida (ACV), esto significa enfocarse en toda la cadena de producción y dar respuesta a los diferentes problemas ambientales como son el cambio climático, el agotamiento de la capa de ozono, la eutrofización, la acidificación, el agotamiento de recursos, etc. La idea es que no se externalicen los problemas ni entre los procesos de la cadena ni entre las categorías de impacto como, por ejemplo, que se reduzca la huella de carbono a costa de la huella agua o que se eviten residuos consumiendo un exceso de energía. Con esta visión global tendremos más certeza de mejorar ambientalmente.

Estos cálculos se basan en recoger toda la información de los *inputs*, materiales y energéticos, que se utilizan y de los *outputs* en forma de productos y emisiones que se generan.

Después, en función de los *inputs* empleados y de las emisiones generadas, se procede al cálculo del impacto ambiental con los métodos recomendados por la propia iniciativa PEF y en base a una actualización del trabajo previamente desarrollado de comparación de métodos existentes². Actualmente, en el marco de la iniciativa PEF, la Comisión Europea³ establece 16 categorías de impacto, con desigual grado de acuerdo en la robustez de las metodologías seleccionadas (Tabla 1).

• • • • • • • • • •

² EU-JRC (2011).

³ EC (2017).



Tabla 1.
Categorías de impacto, unidades equivalentes y modelos recomendados por EC (2017)

Categoría de impacto	Unidad equivalente	Breve explicación	Método de cálculo	Robustez	
Cambio climático	kg CO ₂ eq	La Tierra devuelve energía solar absorbida en forma de radiación térmica. Parte de esta radiación es absorbida por los gases existentes en la atmósfera causando el calentamiento del planeta. Para la caracterización del impacto se utiliza el modelo desarrollado por el IPCC, utilizando el CO ₂ como unidad equivalente a la que se refiere el potencial de calentamiento de los gases de efecto invernadero.	IPCC (2013)	I	
Reducción capa Ozono	kg CFC-11 eq	La disminución de la capa de ozono presente en la estratosfera provoca un aumento en la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra. Estas radiaciones son causa de un aumento de algunas enfermedades en los seres humanos, afectan a los ecosistemas y a la agricultura. El modelo utilizado se basa en el potencial de agotamiento de los diferentes gases implicados y definidos por la WMO, utilizando el CFC-11 como unidad equivalente.	Steady-state ODP WMO (1999)	I	
Toxicidad humana, no cáncer	CTU _{h,nc}	Los posibles efectos sobre la salud humana que tienen las emisiones de diferentes contaminantes. El indicador utilizado son las unidades de casos tóxicos, CTU, con efecto no cancerígeno y carcinogénico, respectivamente.	USEtox model Rosenbaum <i>et al.</i> (2008)	III	
Toxicidad humana, cáncer	CTU _{h,nc}			III	
Formación micropartículas	DALY	La cuantificación del impacto de la muerte prematura o discapacidad que sobre la población tienen las micropartículas, PM, utilizando como referencia PM _{2.5} . Incluye la valoración de PM primarias (PM ₁₀ i PM _{2.5}) y secundarias (creación de PM secundarias debido a emisiones de SO _x , NO _x i NH ₃) y CO.	UNEP recommended model Fantke <i>et al.</i> (2016)	I	
Radiación ionizante, humanos	kBq U235 eq	La radiación ionizante es radiación formada por fotones o partículas que al interactuar con la materia cambian el perfil de los átomos que la componen, ionizándola, lo que en última instancia puede afectar a la salud humana. Se utiliza kBq de Uranio 235 como unidad equivalente de las diferentes emisiones involucradas.	Human health effect model Frischknecht <i>et al.</i> (2000)	II	
Formación fotooxidantes	kg NMVOC eq	Bajo la influencia de la luz solar, los óxidos de nitrógeno reaccionan con compuestos orgánicos volátiles para producir ozono troposférico. Esto puede ser perjudicial para la salud humana, los ecosistemas y los propios cultivos.	LOTOS-EUROS model Van Zelm <i>et al.</i> (2008)	II	
Acidificación	molc H ⁺ eq	La acidificación se produce principalmente por las emisiones atmosféricas de NH ₃ , NO ₂ i SO _x .	Accumulated Exceedance Seppälä <i>et al.</i> (2006) y Posch <i>et al.</i> (2008)	II	
Eutrofización terrestre	molc N eq	El incremento de macronutrientes en los ecosistemas puede llevar a un aumento de la producción de biomasa no deseada y, en última instancia, puede conducir a condiciones anaeróbicas en los sistemas acuáticos, con el consiguiente daño ambiental derivado. Los modelos de indicadores utilizados para cuantificar este daño se basan en la superación de la carga crítica de macronutrientes por eutrofización terrestre, el fósforo considerado como un factor limitante en el agua dulce y el nitrógeno considerado como factor limitante en el agua marina).	Accumulated Exceedance Seppälä <i>et al.</i> (2006) y Posch <i>et al.</i> (2008)	II	
Eutrofización agua dulce	kg P eq			EUTREND model Struijs <i>et al.</i> (2009)	II
Eutrofización marina	kg N eq			II	



Tabla 1 (cont.).

Categorías de impacto, unidades equivalentes y modelos recomendados por EC (2017)

Categoría de impacto	Unidad equivalente	Breve explicación	Método de cálculo	Robustez
Ecotoxicidad agua dulce	CTU _e	Posibles efectos tóxicos sobre los ecosistemas acuáticos de sustancias dañinas existentes en el medioambiente. Se cuentan como fracción de especies potencialmente afectadas por cada unidad de volumen y tiempo expresadas como unidades de casos tóxicos, CTUe.	USEtox model, Rosenbaum <i>et al.</i> (2008)	III
Uso del suelo	Puntos	Índice de calidad del suelo agregado de 4 indicadores: resistencia a la erosión, filtración mecánica, filtración fisicoquímica y producción biótica.		
Consumo agua	m ³ eq	Definida como el agua disponible por unidad de área (país o cuenca hidrográfica) que queda después de restar el consumo de agua de los humanos y de los requisitos ambientales para mantener los ecosistemas. Este índice se normaliza en relación con un promedio mundial, lo que da una idea del grado de riesgo para cada área en particular.	Available WAtER REmaining (AWARE) Boulay <i>et al.</i> (2016)	III
Agotamiento recursos minerales i metales	kg Sb eq	Disminución de la disponibilidad de recursos naturales. Se utiliza como recurso de referencia el antimonio.	CML 2002 Guinée <i>et al.</i> (2002) y van Oers <i>et al.</i> (2002)	III
Agotamiento recursos fósiles	MJ	Disminución de la disponibilidad de recursos fósiles.	Guinée <i>et al.</i> (2002) y van Oers <i>et al.</i> (2002)	III

Fuente: EC (2017).

Dicha robustez viene definida por el grado de desarrollo y, por tanto, por la confianza en la metodología seleccionada, correspondiendo:

- **Robustez I:** método recomendado y satisfactorio. Los modelos y los factores de caracterización (FC) seleccionados son satisfactorios dado el estado actual de la ciencia, siendo posible que se hayan identificado más necesidades de investigación, y deberán actualizarse cuando sea preciso; resulta un ejemplo claro el caso de la categoría de impacto de cambio climático que deberán actualizarse los FC, dependiendo de los correspondientes informes del IPCC.
- **Robustez II:** método recomendado, pero precisa de algunas mejoras. Los modelos y los FC son recomendables, pero dada la existencia de un cierto grado de incertidumbre en ellos, deberá ponerse especial atención en la interpretación de los resultados y se recomienda más investigación para reducir dicha incertidumbre.
- **Robustez III:** método recomendado, pero aplicar con precaución. Se recomiendan estos modelos y los FC, pero solo con precaución dada la considerable incertidumbre, incompletitud u otras deficiencias. Estos modelos/factores necesitan más investigación y desarrollo antes de que puedan usarse sin reservas para respaldar decisiones, especialmente, en afirmaciones comparativas. La sugerencia para estas categorías de impacto es calcular y presentar los resultados de la LCIA, con y sin métodos, que son de nivel III y discutir las diferencias.



Por último, existen categorías de impacto como, por ejemplo, el de la pérdida de biodiversidad, para la que todavía no hay una metodología que pueda considerarse suficientemente madura, a pesar de su relevancia. Se precisa de más desarrollo metodológico antes de poder dar una recomendación, aspecto que también se intenta cubrir en esta etapa de transición.

A partir de los resultados obtenidos se procederá a la identificación de las categorías de impacto, a las etapas del ciclo de vida, a los procesos y a los flujos elementales más relevantes en cuanto a su contribución. Las categorías de impacto y las etapas del ciclo de vida más relevantes son principalmente importantes en el contexto de la parte de «comunicación» del PEF. Pueden tener el propósito de «advertir» a una organización sobre el área en la que deben centrar su atención para profundizar en cómo mejorar el desempeño ambiental de su producto.

La identificación de los procesos y los flujos elementales más relevantes serán especialmente importantes para estudiar opciones de ecodiseño, que signifiquen acciones para mejorar la huella general (p. ej., el ahorro energético), optimizar aún más un proceso (p. ej., el diseño de dietas), aplicar tecnología anticontaminación (p. ej., tratamiento de las deyecciones), etc. Esto es especialmente relevante para estudios internos.

Table 2.
Guía definición de las contribuciones más relevantes

Aspectos más relevantes	Identificación a nivel de:	Umbral
Categorías de impacto	Resultados normalizados y ponderados	Categorías de impacto que acumulan un 80 % del total del impacto (excluyendo las relacionadas con toxicidad)
Etapas	Para cada categoría de impacto relevante	Etapas de la cadena de producción que contribuyen > 80 % al total de cada categoría de impacto
Procesos	Para cada categoría de impacto relevante	Procesos que contribuyen > 80 % al total para cada categoría de impacto
Flujos	Para cada categoría de impacto y proceso más relevantes	Todos los flujos elementales que contribuyen acumulativamente ≥ 80 %

Fuente: EC (2017).

Dado que los procesos más relevantes son los que impulsan el perfil ambiental de un producto, estos deberán garantizar la calidad de los datos empleados en su estimación. De acuerdo con las directrices del PEF⁴ se establecen cuatro criterios para evaluar la calidad de los datos (DQ) utilizados, que son: i) representatividad tecnológica (T_e), ii) representatividad geográfica (G), iii) representatividad temporal (T), y iv) precisión/incertidumbre (P). Los tres primeros evalúan la representatividad de los datos utilizados en relación con los conceptos correspondientes; para el cuarto criterio se tendrá en cuenta la precisión en relación con la forma de obtener los datos —cómo se han medido, calculado y estimado, así como la incertidumbre potencial—. Cada criterio se valora en una escala de 1 a 5, siendo

• • • • •

⁴ EC (2017).



1 muy buena calidad y 5 muy pobre. La calidad global de los datos (DQR) se calcula con la media de calidad alcanzada para cada uno de los criterios de calidad [1].

$$DQ = \frac{Te + G + Ti + P}{4} \quad [1]$$

Un aspecto especialmente crítico y que precisa de una transparente guía metodológica a seguir cuando gestionamos sistemas multifuncionales, es decir, que dan lugar a diferentes productos o coproductos, es la distribución de cargas entre los diferentes coproductos. Este es un caso bastante común en ganadería, cuando desde una misma explotación se pueden obtener diferentes productos, por ejemplo, carne y lácteos, carne y huevos, carne y lana, carne y embutidos, etc.

Obviamente, y también de acuerdo con ISO 14040, la mejor solución es utilizar la subdivisión, es decir, adjudicar directamente los insumos empleados a determinadas salidas (p. ej., el uso de energía y las emisiones relacionadas con los procesos de ordeño), pero ni siempre se dispone de la información detallada ni los procesos son técnicamente independientes (p. ej., gestión en matadero). En un principio las recomendaciones apuntaban hacia una distribución de cargas en base a criterios biofísicos (p. ej., masa de productos obtenido en granja o matadero), sin embargo, se está demostrando que pueden existir diversos factores que pueden alterar esta distribución (p. ej., la edad y raza de especies monogástricas puede no permitir un ajuste razonable en el modelado biofísico). Otro criterio responde a la distribución de cargas en base a criterios económicos, es decir, realizar la distribución de cargas en base al precio de venta obtenido por cada producto; este criterio que en principio podría tener sentido en cuanto al valor del producto, puede presentar un alto grado de incertidumbre dada la variabilidad propia de los precios, que responde a circunstancias diversas de mercados, más que a una cuestión de calidad de producto. Resulta, por tanto, un tema abierto sujeto a discusión y mientras no se llegue a acuerdos, que pueden ser específicos para sectores/productos⁵, lo aconsejable sería probar los diferentes métodos e informar siempre del método/s seleccionado/s.

Un caso aparte es el de las deyecciones, que pueden tener la consideración de residuo, coproducto o subproducto. Cuando el estiércol no tiene un valor económico en la puerta de la granja, se considera residual sin la asignación de una carga aguas arriba, es decir, las emisiones relacionadas con la gestión del estiércol hasta la puerta de la granja se asignan a los demás productos de la instalación donde se produce estiércol. Si tiene valor económico se aconseja una distribución de cargas bajo criterio económico.

• • • • •

⁵ EC (2017).



4. Reglas de cálculo de huellas ambientales de producto

El objetivo principal de una PEFCR es fijar un conjunto coherente de reglas para calcular la información ambiental relevante de productos dentro de la misma categoría.

Un objetivo igualmente importante es permitir comparaciones en todos los casos en que se considere posible, relevante y apropiado. Las mismas guías generales establecen como deben prepararse las guías específicas sectoriales y las condiciones para asegurar son representativas del sector.

Destacaríamos entre estas reglas:

1. Una correcta definición del producto/s incluido/s para asegurar comparabilidad funcional, es decir, asegurar que los potenciales productos que se analizaran bajo estas reglas específicas cubren funciones similares y que, por tanto, serán comparables.
2. El comité técnico encargado de la redacción de la PEFCR deberá ser representativo del 75 % del mercado europeo (en términos de facturación o producción anual).
3. La necesidad de ser un proceso transparente con un período abierto de consulta y revisión con actores relevantes, que son las partes interesadas de toda la cadena de producción (suministradores de materias, fabricantes, productores, procesadores, distribuidores, comerciantes, usuarios, etc.). Las partes correspondientes de la industria (productores/importadores, ya sea como empresas individuales y/o como asociaciones comerciales) que participan en todo el proceso debe cubrir al menos el 51 % del mercado europeo (en términos de facturación o producción anual).
4. Deben señalar el mínimo de datos primarios, es decir, propios de la empresa y/o actividad en cuestión, requeridos para la correspondiente categoría del producto analizado.
5. Señalar las más relevantes categorías de impacto, fases y procesos esperados.
6. Presentar unos valores de referencia.

Una vez establecido el alcance y la unidad funcional del producto del cual se van a determinar las reglas de cálculo, la Secretaría Técnica elaborará un «modelo» del producto representativo comercializado en el mercado de la UE y que pertenezca a la categoría de producto en cuestión. Este modelo puede obedecer a un producto real y representativo o construido en base a promedios, y deberá ser aceptado por los actores relevantes, previamente definidos.



En el marco de las pruebas piloto y en relación con el sector ganadero se han desarrollado reglas de cálculo PEFCR para la producción de piensos⁶ y para el sector lácteo⁷, y ha habido un primer intento de producción de carne, esta última todavía no resuelta.

En el caso de la PEFCR piensos⁸ se ha escogido como producto representativo la composición media de los ingredientes para piensos, consumidos por la industria de piensos compuestos de la Unión Europea durante el período 2009-2013 y como unidad funcional la tonelada de pienso.

Las etapas de producción que deberán ser consideradas obligatoriamente en el cálculo de su huella ambiental son:

- a) Producción de ingredientes para piensos, que incluyen básicamente producción de cultivos, así como otros posibles ingredientes aditivos, minerales, etc.
- b) Transporte a la planta de procesado.
- c) Procesado para la preparación de compuestos.
- d) Transporte a destino.

De hecho, el sistema piensos se considera un producto intermedio, quedando excluidos de esta PEFCR todas las etapas posteriores que tengan que ver con el consumo del pienso por los animales.

En el caso de la PEFCR del sector lácteo⁹ se cubren cinco productos representativos diferentes: leche líquida, productos de suero de leche secos, quesos, productos lácteos fermentados y mantequilla. Los modelos que se toman corresponden a medias representativas que caracterizan lo que potencialmente se vende en el mercado europeo. Como unidad funcional se sugiere la utilización de masa, dejando la opción de utilizar porción o calidades nutricionales, si el estudio así lo justifica.

El sistema debe incluir las siete etapas del ciclo de vida:

1. Producción de leche cruda.
2. Procesamiento de lácteos.
3. Suministro de ingredientes no lácteos.
4. Embalaje.
5. Distribución.

⁶ PEFCR (2020a).

⁷ PEFCR (2020b).

⁸ PEFCR (2020a).

⁹ PEFCR (2020b).



6. Uso.

7. Fin de la vida útil.

Los productos de suero de leche secos se consideran «productos intermedios», por lo que solo se incluirán las etapas 1, 2, 3 y 4.

Aparte de los insumos y recursos necesarios propios de cada una de las etapas, adquiere especial relevancia el cálculo de las emisiones generadas en granja. La PEFCR específica claramente la metodología a seguir para dicho cálculo, que presentamos en la tabla 3 con ejemplo del método a seguir para el cálculo de algunas de las emisiones más relevantes, y remitimos al lector a la consulta de la correspondiente PEFCR para el detalle.

Tabla 3.
Ejemplo de guía para el cálculo de emisiones

Emisión	Proceso	Método	Opcional
NH ₃	Manejo deyecciones	EMEP/EEA Tier 2	EMEP/EEA Tier 3
NH ₃	Aplicación fertilizantes	EMEP/EEA Tier 2	EMEP/EEA Tier 3
CH ₄	Fermentación entérica	IPCC 2019. Tier 2	IPCC 2019. Tier 3
CH ₄	Manejo deyecciones	IPCC 2019. Tier 2	IPCC 2019. Tier 3
N ₂ O	Manejo deyecciones	IPCC Tier 1	IPCC Tier 2, Tier 3
N ₂ O	Aplicación fertilizantes	IPCC Tier 1	IPCC Tier 2

Fuente: adaptado de PEFCR lácteos.

La preparación de una PEFCR para el sector cárnico resulta de más complejidad por los distintos productos que puede y debe integrar, diferencias que pueden dificultar una justa comparación, pues estamos ante un sector con productos muy variados entre sí tanto desde el punto de vista del origen y tipo de animal como de los diferentes productos obtenidos (desde carne fresca a diferentes procesados). Complejidad que se ve reflejada tanto en la definición de los productos representativos como de los sistemas de distribución de cargas entre los diferentes coproductos obtenidos.

5. Bases de datos

Porque se tiene esta visión de cadena de producción y se quieren dar cifras concretas, queda claro que se necesitan gran cantidad de datos. Por tanto, cuanto más certeros sean los datos utilizados, mejor serán los resultados obtenidos.



Podríamos resumir que hay dos tipos de datos a emplear: a) los primarios, que propios del productor, y b) otros secundarios más indirectos (p. ej., la producción de pienso externo por una granja o la producción de fruta para una empresa comercializadora de zumos serían datos secundarios para la granja o la empresa comercializadora). Estos valores secundarios se obtienen de bases de datos. Por lo que esta iniciativa implica también poner al alcance del público una base de datos gratuita, que facilite los cálculos, y que se está preparando a través de la *International Life Cycle Data Network*, con el objetivo de alcanzar los 8.000 *datasets*.

Aparte de la anterior que está desarrollando la CE, existen diferentes iniciativas nacionales (p. ej., Agribalyse, Francia)¹⁰ y privadas (p. ej., Ecoinvent, Suiza)¹¹ que disponen de otras bases de datos. En todo caso sería aconsejable y relevante poder disponer de banco de referencia propio y local del sector agroalimentario, que nos asegure que en los futuros estudios ambientales, en que se incluyen nuestra producción, se están aplicando los valores más correctos posibles y no medianas o estimaciones, más o menos precisas. Por tanto, sería oportuno la organización de una base de datos agroalimentaria nacional que contribuyera con la europea y que sirviera para una posterior aplicación de PEF o huellas ambientales basadas en datos locales. En caso contrario, se corre el riesgo de que se apliquen cifras más generales, promedios no necesariamente representativos y, por tanto, más inciertos con relación a la producción local.

6. Conclusiones

Nos hallamos, por tanto, ante una iniciativa en el ámbito de la Comisión Europea con diversas consecuencias:

1. En primer lugar para el propio sector productivo y la correspondiente gestión del riesgo de competitividad. Ello implicará tener una información más precisa de los efectos ambientales del proceso productivo, anticipar problemas de competitividad relacionados con las consecuencias de la introducción del etiquetaje ambiental y la posibilidad de ofrecer un producto de una más alta calidad ambiental.
2. Políticas agroalimentarias más ajustadas a la realidad ambiental. Previsión ante próximas legislaciones, posiblemente basadas en PEF (subvenciones, compra verde, EMAS...).
3. Cadenas de distribución con mejor trazabilidad basada en una información más veraz.
4. Consumidores con una información homogeneizada y más cuidada.
5. Sociedad, en general, con una mejor práctica ambiental.

• • • • •

¹⁰ KOCH *et al.* (2016).

¹¹ WERNER *et al.* (2016).



Asimismo, cabe destacar la necesidad y la oportunidad para la construcción de bases de datos locales en línea con dicha iniciativa, que permitirán, sin duda, un mejor ajuste de los cálculos.

Finalmente, señalar la importancia de dicha iniciativa en cuanto a establecer como rasgos inherentes al etiquetaje ambiental los principios de claridad, simplicidad, transparencia, trazabilidad, confianza, integridad y comparabilidad.

Referencias bibliográficas

BOS, U.; HORN, R.; BECK, T.; LINDNER, J. P. y FISCHER, M. (2016): *LANCA® - Characterisation Factors for Life Cycle Impact Assessment*, Version 2.0. Stuttgart, Fraunhofer Verlag.

BOULAY, A.; BARE, J.; BENINI, L.; BERGER, M.; LATHUILLIÈRE, M. J.; MANZARDO, A.; MARGNI, M.; MOTOSHITA, M.; NÚÑEZ, M.; PASTOR, A. V.; RIDOUTT, B.; OKI, T.; WORBE, S. y PFISTER, S. (2018): «The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE)»; *Int J Life Cycle Assess* 23; pp. 368-378.

COMISIÓN EUROPEA (2013): *ANNEX II. Product Environmental Footprint (PEF) Guide to Recommendation on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations*.

COMISIÓN EUROPEA (2017): *PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR)*, version 6.3.

DE LAURENTIIS, V.; SECCHI, M.; BOS, U.; HORN, R.; LAURENT A. y SALA, S. (2019): «Soil quality index: exploring options for a comprehensive assessment of land use impacts in LCA»; *Journal of Cleaner Production* 215; pp. 63-74.

EU-JRC (2010): *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) handbook*. Comisión Europea, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Publications Office of the European Union.

EU-JRC (2011): *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook –Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context*. Comisión Europea, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Publications Office of the European Union.

ECOLABEL INDEX (2021): *Global directory of ecolabels*; <http://www.ecolabelindex.com/ecolabels/> (consultado 1/05/2021).

FANTKE, P.; EVANS, J.; HODAS, N.; APTE, J.; JANTUNEN, M.; JOLLIET, O. y MCKONE, T. E. (2016): «Health impacts of fine particulate matter»; en FRISCHKNECHT, R. y JOLLIET, O., eds.: *Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators* 1. París. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative; pp. 76-99; <http://www.lifecycleinitiative.org/applying-lca/lcia-cf/> (consultado en junio de 2017).



FAZIO, S.; BIGANZIOLI, F.; DE LAURENTIIS, V.; ZAMPORI, L.; SALA, S. y DIACONU, E. (2018): *Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods*, version 2. Comisión Europea. ILCD to EF 3.0, EUR 29600 EN.

GUINÉE, J. B.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; DE KONING, A.; VAN OERS, L.; WEGENER SLEESWIJK, A.; SUH, S.; UDO DE HAES, H. A.; DE BRUIJN, J. A.; VAN DUIN, R. y HUIJBREGTS, M. A. J. (2002): «Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards»; en GUINÉE, J. B., ed.: *Series: Eco-efficiency in industry and science*. Kluwer Academic Publishers.

MYHRE, G.; SHINDELL, D.; BRÉON, F. M.; COLLINS, W.; FUGLESTVEDT, J.; HUANG, J.; KOCH, D.; LAMARQUE, J. F.; LEE, D.; MENDOZA, B.; NAKAJIMA, T.; ROBOCK, A.; STEPHENS, G.; TAKEMURA, T. y ZHANG, H. (2013): «Anthropogenic and Natural Radiative Forcing»; en STOCKER, T. F.; Qin, D.; Plattner, G. K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. y Midgley, P. M., eds.: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribución al grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Reino Unido, Cambridge, Cambridge University Press y EEUU, New York.

ISO 14040 (2006a): *Environmental management –Life cycle assessment– Principles and framework*.

ISO 14044 (2006b): *Environmental management –Life cycle assessment– Requirements and guidelines*.

FRISCHKNECHT, R.; BRAUNSCHWEIG, A.; HOFSTETTER, P. y SUTER, P. (2000): «Human health damages due to ionizing radiation in life cycle impact assessment»; *Environ. Impact Assess. Rev.* 20; pp. 159-189.

KOCH, P. y SALOU, T. (2016): AGRIBALYSE®: Rapport méthodologique Version 1.3. ADEME.

LCDN (2014): Life Cycle Data Network. European Platform on Life Cycle Assessment <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/>.

PAS 2050 (2011): *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. BSI ISBN 978 0 580 50978 0. BSI group PAS-2050.

PEFCR (2020a): *Product Environmental Footprint Category Rules for Feed for food-producing animals*. Version 4.2 (original publication date: April 2018) https://ec.europa.eu/environment/eusds/smgp/PEFCR_OEFSR_en.htm#final.

PEFCR (2020b): *Product Environmental Footprint Category Rules for Dairy Products*. European Dairy Association. Version 1.1 (accepted by the EF steering committee on 19 April 2018). https://ec.europa.eu/environment/eusds/smgp/PEFCR_OEFSR_en.htm#final.

POSCH, M.; SEPPÄLÄ, J.; HETTELINGH, J. P.; JOHANSSON, M.; MARGNI, M. y JOLLIET, O. (2008): «The role of atmospheric dispersion models and ecosystem sensitivity in the determination of characterisation factors for acidifying and eutrophying emissions in LCIA»; *International Journal of Life Cycle Assessment* (13) pp.477-486.



ROSENBAUM, R. K.; BACHMANN, T. M.; GOLD, L. S.; HUIJBREGTS, M. A. J.; JOLLIET, O.; JURASKE, R.; KÖHLER, A.; LARSEN, H. F.; MACLEOD, M.; MARGNI, M.; MCKONE, T. E.; PAYET, J.; SCHUHMACHER, M.; VAN DE MEENT, D. y HAUSCHILD, M. Z. (2008): «USEtox - The UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in Life Cycle Impact Assessment»; *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(7); pp. 532-546.

SEPPÄLÄ, J.; POSCH, M.; JOHANSSON, M. y HETTELINGH, J. P. (2006): «Country-Dependent Characterisation Factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator»; *International Journal of Life Cycle Assessment* 11(6); pp. 403-416.

STRUIJS, J.; BEUSEN, A.; VAN JAARVELD, H. y Huijbregts, M. A. J. (2009): «Capítulo 6: Aquatic Eutrophication»; en GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M. A. J.; DE SCHRYVER, A.; STRUIJS, J. y VAN ZELM, R. (2009): *ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level*. Report I: Characterisation factors. 1.ª edición.

VAN OERS, L.; DE KONING, A., GUINEE, J. B. y HUPPES, G. (2002): *Abiotic Resource Depletion in LCA*. Amsterdam, Ministry of Transport and Water, Road and Hydraulic Engineering Institute.

VAN ZELM, R.; HUIJBREGTS, M. A. J.; DEN HOLLANDER, H. A.; VAN JAARVELD, H. A.; SAUTER, F. J., STRUIJS, J., VAN WIJNEN, H. J. y VAN DE MEENT, D. (2008): «European characterization factors for respiratory health damage due to PM10 and ozone in life cycle impact assessment»; *Atmospheric Environment* 42(3); pp. 441-453.

WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E. y WEIDEMA, B. (2016): «The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology»; *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21(9); pp.1218-1230.

WMO (1999): «Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998»; *Global Ozone Research and Monitoring Project* 44. Ginebra.





Parte II



Mejoras en sostenibilidad en el sector porcino

Gema Montalvo Bermejo

PigCHAMP Pro Europa

Mariano Herrero

Federación ADS Porcino-Segovia

Carlos Piñeiro Noguera

PigCHAMP Pro Europa

Resumen / Abstract

El sector porcino es el primer sector ganadero generador de empleo, actividad económica y riqueza en el medio rural, y su principal reto es alcanzar la sostenibilidad en la vertiente medioambiental, incorporando en su sistemática de trabajo los nuevos objetivos y estándares demandados en esta materia por la sociedad y los consumidores. Para ello, debe dar respuesta a todos los retos planteados dentro de la Estrategia 'De la Granja a la Mesa', trabajando en aquellos aspectos que han permitido reducir la huella ambiental en los últimos años e incorporando nuevos procedimientos y técnicas que alcancen los ambiciosos fines de reducción de impacto ambiental.

The pig sector is the main livestock sector generating employment, economic activity and prosperity in rural areas. Its main challenge is to achieve environmental sustainability, incorporating the new objectives and standards demanded in this area by society and consumers into its work system. To this end, we must address all the challenges set out in the «Farm to fork» strategy, working on those aspects that allowed to reduce swine environmental footprint in recent years and incorporating new procedures and techniques to achieve the ambitious goals of reducing environmental impact.



1. Introducción

La sostenibilidad es un concepto multidimensional que engloba 3 elementos fundamentales: la sostenibilidad económica (dimensión económica), la búsqueda de una equidad social (dimensión social) y el mantenimiento de la integridad ambiental (dimensión medioambiental). Es lo que se conoce como la triple vertiente de la sostenibilidad.

El sector porcino español se ha convertido, en las últimas décadas, en líder y referente mundial en la producción porcina. España se ha situado como primer productor de porcino (en censo) de la Unión Europea (UE), como primer exportador de carne de cerdo de la UE y como tercero a escala mundial (INTERPORC, 2021)¹. Por su aportación económica, el porcino es el primer sector ganadero en España. En 2019 aportó el 41,9 % de la producción final ganadera y el 16,2 % de la producción final agraria con un valor total de sus exportaciones en ese año de 6.231,3 millones de euros, siendo uno de los sectores que más contribuyeron a la mejora de la balanza de pagos exterior de nuestro país (MAPA, 2020)².

Por lo tanto, el sector porcino español se ha constituido, por méritos propios, en un sector estratégico para la sostenibilidad económica y social de España y, especialmente, en las áreas rurales, donde despliega la mayor parte de su actividad. Es el primer sector ganadero generador de empleo, de actividad económica y de riqueza en el medio rural, siendo vertebrador del territorio, que se constituye en una palanca imprescindible para afrontar el reto demográfico y el problema de la despoblación rural en muchas regiones de la España vaciada.

El principal reto de la sostenibilidad para el sector porcino español es lograr seguir siendo también sostenible en la vertiente medioambiental, incorporando en su sistemática de trabajo los nuevos objetivos y estándares demandados en esta materia por la sociedad y los consumidores.

2. Antecedentes

El sector ganadero, en general, y el sector porcino, en particular, llevan años trabajando en la protección del medioambiente, habiendo conseguido aminorar su impacto medioambiental con reducciones muy significativas en el consumo de recursos, de agua y de energía, así como de las emisiones de gases contaminantes producidas por cada kilo de carne de cerdo producida en España. El desarrollo del sector porcino español en las últimas décadas se ha realizado bajo el modelo de producción europeo, lo que conlleva la aplicación de la legislación más exigente en el mundo en materia de bienestar animal, seguridad alimentaria y cuidado del medioambiente.

El desarrollo sostenible ha sido desde hace mucho tiempo un eje central del proyecto europeo. En los últimos años, la UE, junto con sus Estados miembros, adquirió el firme compromiso de ser una de las primeras regiones del mundo en aplicación de la Agenda 2030 y de los Objetivos de Desarrollo

• • • • • • • •

¹ INTERPORC (2021).

² MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020).



Sostenible de las Naciones Unidas. De esta manera, la sostenibilidad se ha constituido en un elemento central de la política europea. La actual Comisión Europea anunció que en sus primeros 100 días de mandato presentaría una de las más ambiciosas propuestas de crecimiento sostenible bajo el título «Pacto Verde Europeo o *Green Deal*», que se fijó como objetivo más relevante –pero no único– para 2050 alcanzar la neutralidad climática del conjunto de la UE.

A partir de este Pacto Verde Europeo y sus objetivos generales se han creado varias estrategias sectoriales. Para la agricultura y la alimentación, la Comisión Europea ha presentado la Estrategia ‘De la Granja a la Mesa’, que tiene por objeto abordar los retos de los sistemas alimentarios sostenibles que vinculan la salud, el medioambiente y la industria, cambiando el enfoque tradicional de la producción de alimentos por uno nuevo general de los «sistemas alimentarios» que implica aplicar la tecnología, la investigación y la innovación a los sistemas agrícolas clásicos.

La Estrategia ‘De la Granja a la Mesa’ es un nuevo enfoque integral en la forma en que la UE, en nombre de los propios ciudadanos europeos, valoran la sostenibilidad de los alimentos, de manera que incorporan objetivos no solo ambientales, sanitarios y sociales, sino incluso éticos en lo que respecta al modo en que se producen los alimentos. Con esta estrategia de producción de alimentos en la UE, no solo deberán ser seguros, abundantes, nutritivos y de alta calidad, sino que deberá ser también producidos de forma sostenible (Figura 1).

Figura 1.
Estrategia ‘De la Granja a la Mesa’ del Pacto Verde Europeo



Fuente: Unión Europea.



En la nueva Estrategia ‘De la Granja a la Mesa’ de la Comisión Europea se establece una hoja de ruta para desplegar, a lo largo de toda la cadena de valor de la producción de alimentos, una serie de acciones que permitan alcanzar objetivos medioambientales concretos. Para la producción ganadera, en general, y para la porcina, en particular, las acciones y los objetivos más relevantes que se han incluido son:

- Alcanzar el objetivo de neutralidad climática en 2050, reduciendo las emisiones de gases efecto invernadero a través de la política energética de descarbonización, el fomento de las energías renovables y la reducción de emisiones directas de metano.
- Reducir las pérdidas de nutrientes en agricultura al menos en un 50 %, sin alterar la fertilidad del suelo, y disminuir el uso de fertilizantes al menos en un 20 % en 2030. Con el fin de conseguirlo se elaborará un plan de acción de gestión integrada de nutrientes para aumentar la sostenibilidad del sector ganadero, fomentando las técnicas de fertilización de precisión, las prácticas agrícolas sostenibles y el fomento del reciclaje de los residuos orgánicos como los fertilizantes renovables. Los Estados miembros tomarán medidas al respecto, que incluirán en sus planes estratégicos de la PAC.
- Reducir en un 50 % las ventas de antimicrobianos destinados a animales de granja y a acuicultura en 2030.
- Revisar las políticas de bienestar animal aplicadas en la UE para adaptarlas a las últimas pruebas científicas, ampliar su alcance, facilitar su aplicación y garantizar un mayor nivel de protección animal.
- Impulsar el desarrollo de la agricultura ecológica, con el fin de que el 25 % de todas las tierras agrícolas se dediquen a la agricultura ecológica en 2030.

El sector porcino español debe dar respuesta a todos estos retos planteados dentro de la Estrategia ‘De la Granja a la Mesa’ y para ello debe seguir trabajando en aquellos aspectos que le han permitido reducir la huella ambiental de la producción porcina en los últimos años e incorporar nuevos procedimientos y técnicas para alcanzar los nuevos y más ambiciosos objetivos de reducción de su impacto ambiental.

En España, de acuerdo con el inventario nacional de GEI de 2018 (MITECO, 2021)³, el sector agrario aporta algo menos de un 12 % de las emisiones de GEI totales en España, de las que un 8 %, aproximadamente, se deben al sector ganadero. El impacto del sector porcino no llegaría al 2 % (Tabla 1). Por lo tanto, el sector porcino tiene un impacto muy relativo en cuanto a las emisiones de GEI.

• • • • • • • • • •

³ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2021).



Tabla 1.
Emisiones del sector ganadero de acuerdo con el inventario nacional GEI (2018)

	Fermentación entérica	Manejo de estiércoles		Total	% s Agrario	% s Total
	CH ₄	CH ₄	N ₂ O			
	CO ₂ Equivalente (kt)					
Porcino	608,0	5.146,7	658,6	6.413,3	16,2	1,9
Vacuno carne	10.759,5	586,7	519,7	11.865,9	29,9	3,6
Vacuno leche	2.225,0	716,3	233,4	3.174,7	8,0	1,0
Ovino y caprino	3.842,0	146,4	287,2	4.275,6	10,8	1,3
Aves	0,0	125,0	91,5	216,5	0,6	0,1
Conejos	0,0	36,7	30,4	67,1	0,2	0,0
Otros	234,5	36,2	85,2	355,9	0,9	0,1
Total sector ganadero	17.669,0	6.794,0	1.906,0	26.370,0	66,5	7,9
Total sector agrícola				13.274,0	33,5	4,0
Total sector agrario				39.644,0		11,9
Emisiones totales España				334.255,2		

Fuente: MITECO (2021).

Esto no es así en el caso de las emisiones de amoníaco, donde la ganadería (gestión de estiércoles) fue responsable del 44,3 % de las emisiones de amoníaco en 2018. Dentro del sector ganadero, el porcino aporta un 34,7 % de las emisiones de amoníaco, siendo el emisor mayoritario dentro de la ganadería española. Si se relativiza respecto a las emisiones totales de amoníaco, el sector porcino supone un 15,4 % del amoníaco emitido (MITECO, 2021)⁴.

A pesar del incremento de la producción de los últimos años, el sector porcino ha logrado reducir sus emisiones de GEI totales, alcanzando significativas disminuciones de GEI por cabeza respecto al año de referencia 1990, debido a los avances en genética, mejoras en alimentación y en la gestión de estiércoles.

Igualmente, mientras que el censo se ha ido incrementando de forma sostenida en estos años, se observa que las emisiones de amoníaco por cabeza se redujeron o se mantuvieron estables desde 2004 debido, principalmente, a las mejoras genéticas y nutricionales (Gráfico 1).

Además, las mejores técnicas disponibles implantadas en las granjas españolas han sido identificadas y se les ha asignado un factor de reducción, por lo que su efecto se ha visto reflejado en los inventarios nacionales.

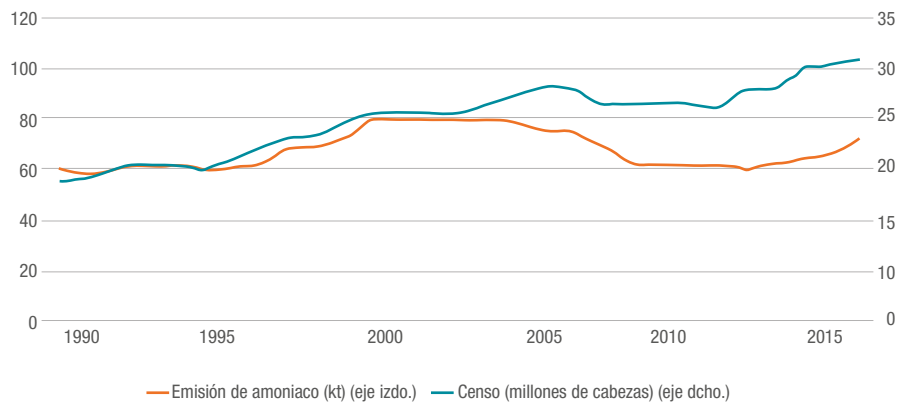
El hecho de que el sector porcino haya trabajado bien en los últimos años, logrando reducir sus emisiones, incluso incrementando el censo, no significa que debamos darnos por satisfechos, porque hay que tener en cuenta que, como ya se ha indicado, el reto de la sostenibilidad va más allá.

• • • • •

⁴ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y RETO DEMOGRÁFICO (2021).

**Gráfico 1.**

Variación de las emisiones de amoníaco del sector porcino frente a la evolución de su población (1990-2018)



Fuente: MITECO (2017).

3. Mejoras en sostenibilidad en el sector porcino español. Puntos clave

Los sistemas alimentarios, desde el punto de vista medioambiental, son considerados principalmente en dos aspectos: como consumidores de recursos (energía, agua, suelo y nutrientes) y como generadores de impactos ambientales (emisiones al agua, al aire y al suelo).

Por lo tanto, para abordar la estrategia de mejora de la sostenibilidad del sector porcino español, hay que conocer cuáles son los principales impactos ambientales ligados a la producción porcina, cuantificarlos, conocer cómo y dónde se originan, y las técnicas disponibles existentes para poder corregirlos o minimizarlos. Como ya se ha dicho, el sector porcino español lleva muchos años trabajando en la mejora medioambiental, habiendo logrado avances notables en la reducción de la huella ambiental de la producción porcina, pero aun así, todavía tiene un importante camino de mejora por recorrer y máxime cuando se ha aumentado el nivel de exigencia y compromiso que requiere la sociedad a los productores de alimentos.

De forma resumida vamos a analizar a continuación los puntos claves en los que debe apoyarse la mejora de la sostenibilidad ambiental del sector porcino español.

- La mejora productiva como base de la mejora medioambiental.
- La reducción de los consumos e impactos actuando desde el origen.
- La disminución de las emisiones contaminantes ligadas al manejo de estiércoles y purines.



- La minimización de las pérdidas de nutrientes ligadas a la gestión agronómica de los purines.
- El apoyo en la innovación y el desarrollo tecnológico para mejorar la gestión ambiental de forma integral.

3.1. La mejora productiva como base de la mejora medioambiental

Las emisiones de gases contaminantes (amoníaco y metano) en la producción porcina tienen su origen en los nutrientes no aprovechados por los animales y eliminados a través de las heces y la orina, que pasan a formar parte de los purines y estiércoles. Cuanto mayor sea la eficacia productiva en la transformación y aprovechamiento de los nutrientes presentes en los alimentos, mayor será la eficacia ambiental de los sistemas alimentarios.

Un reciente estudio de Ottosen *et al.* (2021)⁵ ha concluido que la huella de carbono de la producción porcina británica se ha reducido casi un 40 % en los últimos años, principalmente, debido a las mejoras en la eficiencia productiva. Estos datos son muy similares a los obtenidos en España, tomando como referencia los datos publicados en el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos. El sector porcino español ha disminuido en un 47 % las emisiones de amoníaco por kilo de carne producida desde el año de referencia (1990) hasta la actualidad (MITECO, 2021a)⁶ y la reducción de emisiones GEI del sector porcino por cada kilo de carne ha sido de un 41 % en los últimos 15 años (MITECO, 2021b)⁷.

Además de la alimentación animal, también los avances en la genética y en las condiciones de cría, manejo y salud de los animales han sido los responsables de esta mejora productiva y ambiental. Los cambios en la nutrición animal, ajustando las cantidades brutas de nutrientes aportadas con la ración y mejorando la disponibilidad de los nutrientes, así como las estrategias de alimentación por fases, adecuando el perfil de la ración a las necesidades de cada grupo de animales, han sido los factores que más han influido. Complementariamente, la mejora genética ha permitido lograr animales con mayores rendimientos (menores índices de conversión, más número de lechones producidos por reproductora), lo que ha posibilitado también mejorar notablemente la eficiencia en la utilización de los alimentos y en paralelo la eficiencia medioambiental. Por último, la mejora en el manejo y la salud de los animales son otros aspectos de gran importancia para la reducción del impacto ambiental de las explotaciones ganaderas, al incrementar su rendimiento productivo.

En todos estos campos todavía existe margen de mejora y se siguen produciendo avances técnicos, que rápidamente son incorporados al proceso productivo por llevar aparejados también un incremento del rendimiento económico de la producción.

● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

⁵ OTTOSEN *et al.* (2021).

⁶ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2021a).

⁷ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2021b).



Por ejemplo, en el campo de la alimentación, el sector porcino tiene a su disposición novedosos sistemas de alimentación de precisión que permiten adaptar a diario el contenido de nutrientes del pienso a las necesidades individuales de cada animal (Imagen 1).

Imagen 1.

Sistema de alimentación de precisión que permite adaptar diariamente el contenido de nutrientes a las necesidades del animal



Fuente: jygatech.com.

Estos sistemas permiten mezclar diariamente dos tipos de piensos, uno con alto contenido en nutrientes y otro con porcentajes de energía, proteína, fósforo y aminoácidos esenciales más bajos. En función de la edad (o de la fase reproductiva en cerdas gestantes o lactantes), la mezcla va variando diariamente, adaptándose a las necesidades reales de los animales. Se puede configurar una mezcla específica para cada lote, corral o comedero. La aplicación de este sistema supone una reducción de la ingesta de proteína y fósforo del 25 % y de su excreción del 40 %. Aplicando estos sistemas, las emisiones de gases de efecto invernadero se pueden reducir en un 6 % (Pomar y Remus 2019)⁸ y las de amoníaco en un 40 % (IRPP-BREF, 2017)⁹.

• • • • •

⁸ POMAR y REMUS (2019).

⁹ UNIÓN EUROPEA (2017).



3.2. La reducción de los consumos e impactos actuando desde el origen

Los sistemas alimentarios, tomando la denominación de la nueva Estrategia ‘De la Granja a la Mesa’, desde el punto de vista medioambiental, son considerados como importantes consumidores de recursos. Para mejorar la sostenibilidad del sector productor porcino es necesario reducir y utilizar de forma responsable y eficiente los recursos como la energía, el agua o las materias primas usadas en la alimentación animal.

3.2.1. Materias primas utilizadas en alimentación animal

La selección de las materias primas utilizadas para la alimentación animal tiene una gran transcendencia en el impacto ambiental de las producciones animales. En la producción porcina, se estima que entre el 40 y el 60 % de la huella de carbono de la carne de porcino depende del modo en que se producen (usos del suelo) y del origen de las materias primas utilizadas en la fabricación de los piensos destinados a la alimentación de los animales (Poore y Nemecek, 2018)¹⁰. Este factor es especialmente importante en países como España, en los que necesitamos importar grandes cantidades de materias primas, especialmente soja, para cubrir nuestras necesidades en alimentación animal. Dentro de la nueva Estrategia europea ‘De la Granja a la Mesa’, la UE se ha fijado como objetivo impulsar una propuesta legislativa y otras medidas para reducir la comercialización de producciones relacionadas con la deforestación o degradación forestal en el mercado de la UE, fomentando en paralelo las proteínas vegetales cultivadas en la UE, así como el uso de materias primas alternativas para los piensos.

En España, recientemente, varias compañías productoras de pienso para animales han hecho pública su estrategia de sostenibilidad, adquiriendo compromisos para reducir, e incluso eliminar, en los próximos años, la utilización de materias primas que no estén certificadas como libres de deforestación, aumentando así el uso de ingredientes alternativos en los piensos.

También existen varios ejemplos de empresas productoras españolas que han diseñado su estrategia de sostenibilidad maximizando el uso de materias primas de proximidad –producidas localmente–, de manera que en ese mismo entorno se valorizan como abono los estiércoles producidos en las granjas porcinas en un claro ejemplo de economía circular.

Otro de los avances ligados al uso de las materias primas es la formulación de los piensos introduciendo criterios de sostenibilidad. Recientemente, se han presentado modelos de formulación que permiten a los fabricantes de piensos medir el impacto de sus productos, valorando la huella ambiental de las materias primas usadas. El indicador ambiental principalmente utilizado es el de la huella de carbono y se miden las emisiones de gases efecto invernadero integrando en el cálculo los sistemas y lugares de producción de las materias primas, el uso de la energía y el transporte involucrado en el procesamiento y fabricación del pienso. Dada la cantidad de variables que se utilizan, estas plataformas hacen uso del *big data* y del internet de las cosas.

• • • • • • • •

¹⁰ POORE y NEMECEK (2018).



3.2.2. Uso de la energía

Otra de las estrategias que tiene a su alcance el sector porcino para reducir su huella ambiental es el uso eficiente de la energía, la disminución del consumo energético procedente de fuentes de combustibles fósiles y la producción de energías renovables para autoconsumo.

Las medidas cada vez más ampliamente extendidas con un importante impacto en la reducción de la huella de carbono y con un beneficio económico adicional para incrementar la eficiencia energética de las instalaciones ganaderas son:

- Mejoras del aislamiento térmico de los edificios.
- Empleo de ventilación natural siempre que sea posible, optimizando el diseño y la regulación de los sistemas de ventilación forzada.
- Limpieza de los equipos de ventilación para evitar las obstrucciones.
- Sistemas de iluminación de bajo consumo.

Además, el mercado de energías renovables está ofreciendo alternativas cada vez más interesantes. La instalación de placas solares fotovoltaicas que generan electricidad para autoconsumo es la opción que tiene más aceptación y mayor recorrido de penetración por sus rendimientos, facilidad de instalación y costes (Imagen 2).

Imagen 2.

Instalación fotovoltaica aislada en una granja de cerdos



Fuente: betsolar.es.

3.2.3. Uso del agua

La huella hídrica de la actividad en las granjas de porcino españolas se ha reducido notablemente en los últimos años gracias a la mejora de los índices de conversión del pienso, de la optimización de las instalaciones y de los equipos de suministro de agua, así como de los sistemas de limpieza y de refrigeración.



De acuerdo con los datos publicados por INTERPORC (2019)¹¹, en los últimos 30 años, el sector porcino español ha reducido la huella hídrica por cerdo producido en granja en 167 m³ por cerdo equivalente (100 kg), lo que supone una mejora de cerca del 30 %. Así, el total de agua consumida por el sector porcino español se calcula en 54 hm³, lo que supone tan solo el 0,05 % del agua disponible en España.

Aunque estos datos ponen de manifiesto el compromiso del sector porcino español con el consumo responsable del agua, existen marcadas diferencias de unas explotaciones a otras y todavía hay un margen de mejora importante en el uso de este recurso, especialmente importante en países como España.

3.3. La disminución de las emisiones contaminantes ligadas al manejo de estiércoles y purines

La reducción de emisiones ligadas al manejo de estiércoles debe abordarse a lo largo de todo el proceso productivo, procurando disminuirlas al máximo en cada uno de los compartimentos: alojamientos, almacenamiento y aplicación al campo.

3.3.1. Dentro de las instalaciones

Las emisiones de amoníaco y metano se pueden reducir sensiblemente dentro de las instalaciones combinando distintos tipos de suelo y fosos, junto a un manejo adecuado en la retirada de los purines (IRPP-BREF, 2017)¹². Los principios básicos de actuación de las técnicas a considerar son los siguientes:

- Reducción de la superficie de emisión del purín (zona de intercambio entre la fase líquida y el aire). Esto se puede lograr reduciendo el espacio enrejillado de los alojamientos y/o modificando el diseño de los fosos interiores haciéndolos en rampa o en V.
- Retirada frecuente del purín desde los fosos hasta el sistema de almacenamiento exterior, para la disminución de las emisiones de amoníaco. Además, se reducen las condiciones anaerobias en los fosos que propician la formación de metano.
- Uso de superficies lisas y fáciles de limpiar.
- Enfriamiento de la superficie del purín.
- Acidificación del purín para reducir la actividad de la ureasa y la formación de amoníaco.
- Ajustes de los sistemas de ventilación y climatización evitando la sobreventilación.

• • • • • • • • • •

¹¹ INTERPORC (2019).

¹² UNIÓN EUROPEA (2017).



El Real Decreto 360/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas, establece unos objetivos de reducción de emisiones en la explotación, diferenciando entre las ya existentes y las de nueva instalación.

Las granjas de porcino existentes con capacidad productiva superior a 120 UGM deberán «adoptar un sistema de alimentación multifase, con reducción del contenido de proteína bruta, teniendo en cuenta las necesidades de los animales, así como realizar un vaciado de las fosas de estiércoles de los alojamientos al menos una vez al mes. Además, deberán adoptar, al menos, una de las siguientes técnicas en su explotación: a) Vaciado de las fosas de estiércoles de los alojamientos al menos dos veces a la semana, [...]; b) Cubrir las balsas de estiércoles, en las zonas en que no se forme de manera espontánea costra que cubra totalmente la superficie, con técnicas que reduzcan las emisiones de gases contaminantes al menos en un 40 % con respecto a la referencia de balsa sin costra; c) Cualquier otra técnica, descrita como Mejor Técnica Disponible, que garantice una reducción de emisiones de gases contaminantes equivalente a la alcanzada mediante las técnicas descritas en los apartados a) o b), [...]».

Las granjas de nueva instalación deberán «utilizar una estrategia nutricional y una formulación de piensos que permitan reducir el contenido de proteína bruta de la alimentación, y administrar una alimentación multifase [...]. Para reducir las emisiones de amoníaco a la atmósfera de cada nave, así como las emisiones de gases de efecto invernadero, deberá adoptarse una técnica o una combinación de técnicas que permitan la reducción de emisiones de amoníaco en, al menos, un 60 % con respecto a la técnica de referencia».

En consecuencia, los productores de porcino españoles deberán adecuar el manejo del purín dentro de los alojamientos y adaptar los diseños de las nuevas granjas para cumplir con los objetivos de reducción planteados. Por tanto, el estricto marco normativo al que se enfrentan está haciendo que, además de las técnicas blandas de diseño de alojamientos y fosos, se estén empezando a considerar otras alternativas de mayor complejidad técnica.

Un ejemplo novedoso de estas técnicas sería la conocida como «puritermia», que consiste en instalar en las granjas climatización con geotermia para reducir los consumos energéticos, aprovechando el calor residual de los purines al tiempo que se refrigera el purín, incorporando así una mejor técnica disponible de reducción de emisiones de amoníaco en granja.

3.3.2. En el almacenamiento

En relación con la reducción de emisiones desde el almacenamiento de purines, el escenario ha cambiado radicalmente en los últimos meses. El Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas, indica en su artículo 9 que «la construcción de una balsa nueva o cualquier modificación del tamaño o estructura de la balsa de estiércol, deberá acompañarse de la adopción de técnicas que reduzcan las emisiones de amoníaco en, al menos, un 80 % con respecto a la referencia de la balsa sin ningún tipo de cubierta».



Para balsas ya existentes, en su artículo 10 indica que, en caso de que no se adopten otras medidas de reducción equivalentes, se deberán «cubrir las balsas de estiércoles, en las zonas en que no se forme de manera espontánea costra que cubra totalmente la superficie, con técnicas que reduzcan las emisiones de gases contaminantes al menos en un 40 % con respecto a la referencia de balsa sin costra».

En el caso de sistemas de almacenamiento de purines ya existentes, las mejores alternativas son las cubiertas de tipo flotante, propiciando la formación de costra natural o bien mediante la incorporación a la superficie del purín de materiales naturales como la paja picada, la arcilla expandida, perlita ... o materiales sintéticos como láminas flotantes o mosaicos de piezas de material plástico. En cualquier caso, es muy importante evaluar la aplicabilidad de estas técnicas considerando aspectos como su flotabilidad, degradabilidad, tasa de reposición, incorporación a la masa de purín y compatibilidad con su posterior uso agronómico. La aplicación de cubiertas fijas solo es para pequeños sistemas de almacenamiento tipo fosas, pero para los sistemas de almacenamiento de alta capacidad, muy comunes en las granjas porcinas españolas debido a los altos periodos de retención exigidos por la normativa, no son generalmente aplicables dichas cubiertas fijas (IRPP-BREF, 2017)¹³.

Para las granjas nuevas o para las ampliaciones de los sistemas de almacenamiento en los que se establece un objetivo de reducción de las emisiones de amoníaco de, al menos, el 80 % no existe más alternativa que la cobertura total mediante cubiertas fijas –rígidas o flotantes–. Estas cubiertas deben diseñarse conjuntamente con los sistemas de almacenamiento (fosas o tanques), ya que hay que considerar la estructura necesaria para sustentar la cubierta. En el caso de cubiertas flotantes se deben prever sistemas de evacuación que eviten la acumulación de agua de lluvia, ya que podría colapsar la cubierta. Otro aspecto muy importante a considerar es que hay que tener presente la formación y acumulación de metano, ya que, además de ser un gas de efecto invernadero, es un gas explosivo. El Real decreto 306/2020 establece que «cuando esta técnica suponga el cubrimiento de la balsa y cuando este cubrimiento pueda implicar la acumulación de gas metano, se adoptarán sistemas de gestión de dicho gas que eliminen los riesgos relativos a su acumulación o emisión a la atmósfera». Deberían instalarse sistemas de antorcha para quemar el metano producido y transformarlo en CO₂, o bien plantear la incorporación de algún sistema de aprovechamiento del biogás generado.

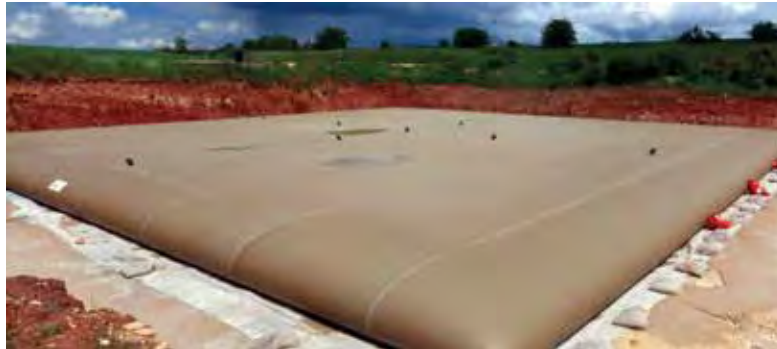
Para las reformas y pequeñas ampliaciones, una alternativa interesante pueden ser las cisternas de almacenamiento flexibles tipo bolsa construidas con materiales tipo PVC y con capacidades disponibles de hasta 2.000 m³ (Imagen 3).

• • • • •

¹³ UNIÓN EUROPEA (2017).

**Imagen 3.**

Depósito flexible de purines de 1.000 m³ de capacidad



Fuente: <https://labaronne-nutriset.com/>.

3.3.3. Aplicación agronómica de los purines

La aplicación de los purines y estiércoles al terreno es un momento crítico, ya que pueden generarse grandes emisiones de amoníaco y olores. Cuando el purín se aplica con el sistema tradicional de plato difusor se producen grandes pérdidas de amoníaco por volatilización. Un importante avance en sostenibilidad y en la imagen del sector porcino español de los últimos años se ha producido al sustituir, de forma generalizada, los sistemas tradicionales mediante plato difusor por equipos de aplicación localizada a nivel del terreno a través de bandas, discos o inyección (Imagen 4).

Imagen 4.

Sistemas de bandas (mangueras y discos) e inyector de purín



Fuente: elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que si se disminuye la emisión de amoníaco a la atmósfera, aumenta la aportación al terreno de compuestos nitrogenados realizada con el purín, por lo que la dosis de aplicación deberá ajustarse.



3.4. La minimización de las pérdidas de nutrientes ligadas a la gestión agronómica de los purines

Los estiércoles y purines son un subproducto de la producción porcina que puede convertirse en un importante recurso valorizable en agricultura como fuente de nutrientes, micronutrientes y materia orgánica, ya que si se gestionan adecuadamente pueden sustituir a la utilización de grandes cantidades de fertilizantes químicos, aportando materia orgánica al suelo y contribuyendo finalmente a reducir la huella de carbono de la agricultura y de los sistemas alimentarios.

La forma más sostenible y preferente de gestión de los estiércoles y purines sigue siendo su valorización como fertilizante orgánico en la agricultura, aplicando los principios de la economía circular. La economía circular es un sistema de aprovechamiento de recursos en el que prima la reutilización y el reciclaje de los productos para volver a incorporarlos a la cadena de producción, otorgándoles una nueva vida útil y evitando que se conviertan en un residuo que pueda afectar al medioambiente. En España, más del 90 % de los purines y estiércoles producidos por la actividad porcina se gestionan mediante aplicación en tierras de cultivo directamente, o bien después de realizar operaciones de tratamiento/acondicionamiento en granja.

El exceso de nutrientes acumulado en los suelos derivado del uso continuado de fertilizantes (inorgánicos y orgánicos) y su posterior pérdida, especialmente de nitrógeno y fósforo, derivada del hecho de que no todos los nutrientes aplicados son aprovechados de forma efectiva por los cultivos, son una fuente importante de contaminación del aire, del suelo y del agua, originando además daños en la biodiversidad y contribuyendo al cambio climático.

En la nueva Estrategia 'De la Granja a la Mesa', la Comisión Europea fija como objetivo reducir en 2030, al menos en un 50 %, la pérdida de nutrientes, asegurando al mismo tiempo la fertilidad de los suelos. El manejo sostenible de los nutrientes se ha convertido en el gran desafío para la UE y para el sector agrícola y ganadero. Para conseguir este fin, el sector porcino deberá trabajar en los próximos años reajustando sus planes de gestión de nutrientes. El plan de gestión agrícola, ya sea individual o colectivo, deberá adaptar los aportes de nutrientes realizados a través de los purines en las cantidades y momentos más adecuados, para asegurar el máximo aprovechamiento por los cultivos, reduciendo así sus pérdidas. Se trata, por tanto, de realizar una gestión planificada y ajustada a las características de los cultivos disponibles, que se debe compatibilizar mediante la disposición de una adecuada capacidad de almacenamiento, considerando que la producción de purines es continua, pero su aplicación es discontinua cuando se usan como fertilizantes.

Las principales herramientas técnicas de que disponen los productores de porcino para reducir las pérdidas de nutrientes son la mejora de la caracterización del purín y su utilización más ajustada, mediante la agricultura de precisión. Porque uno de los principales problemas que tiene el empleo del purín como fertilizante es la heterogeneidad de su composición, por lo que es necesario mejorar la caracterización en cuanto al contenido de nutrientes antes de su aplicación. Ya hay disponibles sistemas de caracterización del purín a tiempo real como, por ejemplo, los conductímetros, que permiten estimar el contenido de nitrógeno de cada cuba y, por tanto, ajustar la dosis de purín a aplicar. Es esperable que en los próximos años el uso de estos dispositivos se generalice en el conjunto de España (Imagen 5).

**Imagen 5.**

Instalación del conductímetro y del lector de nutrientes

Fuente: <https://www.rigual.es/>.

La aplicación de técnicas de fertilización de precisión y de prácticas agrícolas sostenibles es el otro pilar para reducir la pérdida de nutrientes y aumentar la sostenibilidad del sector porcino. En España hay alternativas y experiencias de fertilización de precisión basadas en diferentes estrategias como, por ejemplo, el uso de sistemas de fertirrigación tras una separación sólido-líquido del purín, la adición de productos al purín que ayudan a controlar la liberación de nutrientes y a incrementar su valor fertilizante al estabilizarlo, aumentando el nitrógeno disponible en el suelo y procurando una mayor flexibilidad en su aplicación, y la utilización de equipos de aplicación localizada al suelo.

El problema del exceso y de las pérdidas de nutrientes no debe considerarse solo de forma individual, sino también a escala regional, teniendo en cuenta todas las fuentes de fertilizantes: agrícolas, ganaderas y de otros sectores. La principal contribución del sector porcino al enfoque territorial de este problema han sido los Centros de Gestión Conjunta de Estiércoles, que permiten gestionar de forma profesionalizada los purines y estiércoles producidos en una zona bajo criterios agronómicos, medioambientales y de uso eficiente de recursos. Es esperable que la implantación de estos sistemas de gestión conjunta aumente de forma importante en los próximos años, especialmente en las zonas de mayor densidad ganadera.

3.4.1. Tratamiento de purines

Los sistemas de tratamiento de purines deben ser valorados como una herramienta más a considerar en aquellos casos en los que se necesite aumentar la capacidad de gestión de una granja o zona para ajustar la producción de nutrientes al agrosistema disponible. Así, el enfoque está cambiando, apostándose por la recuperación y la conservación de nutrientes, en lugar de enfocar las tecnologías en su eliminación.

Una de las técnicas más empleadas es la separación sólido-líquido. Se puede conseguir utilizando únicamente equipos mecánicos (separación física) o mediante el uso adicional de agentes químicos (separación físico-química). La principal aplicación de esta técnica es como tratamiento de inicio, puesto que permite que cada fracción obtenida pueda gestionarse de forma separada, lo que puede mejorar la gestión agronómica y medioambiental final. La fracción líquida puede emplearse directamente, o



bien someterse a tratamientos posteriores como la acidificación, que permite conservar el nitrógeno, reduciendo las pérdidas de amoníaco. Otros sistemas que pueden utilizarse para la recuperación de nutrientes son el lagunaje con plantas o el uso de biofiltros como la lenteja de agua.

3.5. El apoyo en la innovación y el desarrollo tecnológico para mejorar la gestión ambiental de forma integral

El modelo de economía circular y, más en concreto, el modelo de bioeconomía circular permite articular respuestas efectivas a uno de los principales retos a los que se enfrenta la sociedad actual, que es el de desarrollar un modelo económico que sea capaz de suplir la creciente demanda de alimentos, agua, materiales y energía, pero que al mismo tiempo contribuya a la mitigación y adaptación al cambio climático y a revertir el proceso de pérdida de la biodiversidad, asegurando el bienestar y la prosperidad de una población creciente.

El modelo de bioeconomía circular es una oportunidad para el sector primario y para las comunidades rurales en las que se desarrolla, ya que permite transformar un residuo –como, por ejemplo, las deyecciones ganaderas– en un recurso, que se convierte en materia prima para nuevas cadenas de valor que pueden beneficiar al propio sector (en forma de recuperación de nutrientes para la fertilización orgánica, plásticos para agricultura o biocarburantes), pero también para otros sectores que necesitan sustituir progresivamente los recursos fósiles por recursos orgánicos renovables.

Hacer efectiva esta oportunidad implica ver las deyecciones ganaderas como un recurso que necesita integrarse con otros residuos orgánicos generados en las zonas rurales, para, en su conjunto, configurar un nuevo capital capaz de crear flujos de bienes a través de nuevas cadenas de valor, que refuercen el sector primario e impulsen sectores emergentes que retengan y atraigan capital humano a los territorios rurales.

En cualquier caso, el desarrollo e implementación del modelo de bioeconomía circular requiere un enfoque multisectorial y territorial que debe ser impulsado institucionalmente, poniendo a disposición recursos y marcos normativos de apoyo a la inversión y la innovación, similares a los de otros países europeos. En estos momentos, España se encuentra a la cola en el *ranking* europeo por aprovechamiento de los recursos forestales y agroganaderos en la generación de energía eléctrica, térmica y de biogás/biometano, por lo que tenemos un amplio margen de mejora.

Por otro lado, la innovación y el desarrollo tecnológico son dos aspectos cruciales para avanzar en sostenibilidad. Actualmente, los ganaderos de porcino tienen a su disposición un amplio abanico de técnicas para reducir el impacto ambiental de su actividad. En el documento IRPP-BREF, 2017¹⁴ se recopilan las consideradas Mejores Técnicas Disponibles para los sectores de cría intensiva de cerdos y aves. Pero, la propia Comisión Europea reconoce que la transición hacia el nuevo modelo propuesto

• • • • • • • • • •

¹⁴ UNIÓN EUROPEA (2017).



en la Estrategia 'De la Granja a la Mesa' solo será posible con otro impulso basado en la innovación e investigación, comprometiéndose a movilizar en los próximos años un importante paquete de ayudas destinadas al apoyo de la I+D+i y de proyectos innovadores.

Referencias bibliográficas

UNIÓN EUROPEA (2017): «Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs»; en www.en.prtr-es.es/Data/images/JRC107189_IRPP_Bref_2017_published.pdf (prtr-es.es).

INTERPORC (2021): «Informe SICE. Evolución del Comercio Exterior del Sector Porcino Español. Avance enero 2021»; en <https://www.sinforporc.com/evolucion-del-comercio-exterior-del-sector-porcino-espanol-avance-enero-21/>.

INTERPORC (2019): «Reduciendo la huella hídrica de la actividad porcina»; en <https://interporc.com/2020/12/17/reduccion-huella-hidrica-actividad-porcina?cat=blog/el-ayer-y-hoy-del-cerdo>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020): «El sector de la carne de cerdo en cifras. Principales indicadores económicos 2019». Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios, Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas; en https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicoscarnedecerdo2019_tcm30-379728.pdf.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2021): «Informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero»; en https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/es-2021-nir_tcm30-523942.pdf.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y RETO DEMOGRÁFICO (2017): «Spain. Informative Inventory Report»; en https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/spain_2017-necd-iirsubmission-1-iir_tcm30-378886.pdf.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y RETO DEMOGRÁFICO (2021): «Inventario nacional de emisiones a la atmósfera. Emisiones de contaminantes atmosféricos. Serie 1990-2019»; en https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/documentoresumeninventariocontaminantes-ed2021_tcm30-524842.pdf.

OTTOSEN, M.; MACKENZIE, S. G.; FILIPE, J. A. N.; MISIURA, M. M. y KYRIAZAKIS, I. (2021): «Changes in the environmental impacts of pig production systems in Great Britain over the last 18 years»; en *Agricultural Systems* 189.

POMAR, C. y REMUS, A. (2019): «Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability»; en *Animal Frontiers* (9).

POORE, J. y NEMECEK, T. (2018): «Reducing food's environmental impacts through producers and consumers»; en *Science* 360(6392); pp. 987-992.



Resultados del proyecto Life Beef Carbon

Paula Martínez, Lucía T. Díez Córdova y Matilde Moro
Asociación Española de Productores de Vacuno de Carne (ASOPROVAC)

Resumen / Abstract

España ocupa el cuarto lugar en Europa en cuanto a producción de carne de vacuno y censo bovino. La producción de vacuno genera efectos positivos sobre el medioambiente como la protección del ecosistema de pastos y la conservación del carbono en los suelos. Pero también genera efectos no deseables como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

El proyecto Life Beef Carbon nace con un enfoque de lucha sectorial contra el cambio climático. Esta estrategia plantea una reducción de emisiones de GEI del 15 % durante los próximos 10 años en los cuatro principales países productores de carne de vacuno a partir de razas cárnicas: Francia, Irlanda, Italia y España.

En España se crearon una herramienta de evaluación ambiental (BovidCO₂) y una base de datos con una muestra de más de 100 granjas. En las granjas innovadoras se implementaron algunas técnicas de mitigación basadas sobre todo en alimentación y manejo, gestión de estiércoles, consumo de energía y uso de los suelos. Los planes carbono aplicados en las granjas comerciales han demostrado su capacidad para alcanzar el objetivo inicial de reducción.

El proyecto ha promovido sistemas innovadores de producción asociados a prácticas que permiten asegurar la sostenibilidad social, económica y medioambiental de las granjas de vacuno, así como a mejorar la interacción entre la producción y el clima. Además, ha valorado los servicios ecosistémicos y otros impactos medioambientales de la ganadería, como también las cuestiones socioeconómicas asociadas a la propia producción y a las técnicas de mitigación; en general, los planes carbono aplicados no han perjudicado al resto de indicadores observados.

El proyecto Life ha supuesto un avance importante en el desarrollo de un sistema estandarizado de cálculo y ha evidenciado los efectos positivos de las técnicas de mitigación en granjas reales. También cabe destacar el impulso que ha tenido el proyecto en la mayor sensibilización del sector hacia los efectos del cambio climático y a la necesidad de aplicar técnicas que reduzcan su impacto y promuevan los servicios ecosistémicos.



Spain ranks fourth in Europe in terms of beef production and bovine census. Beef production generates positive effects on the environment, including the protection of the pasture ecosystem and the conservation of carbon in the soils. However, it also generates undesirable effects, such as the emission of greenhouse gases (GHG).

The Life Beef Carbon project was born with a sectoral approach to fight against climate change. This strategy proposes a 15 % reduction of GHG emissions during the next 10 years in the 4 main meat producing countries: France, Ireland, Italy, and Spain.

In Spain, an environmental assessment tool (BovidCO₂) and a database were created with a sample of more than 100 farms. In the innovative farms some mitigation techniques were implemented, mainly based on feeding and management, manure management, energy consumption, and land use. The carbon plans applied in commercial farms demonstrated their ability to achieve the initial reduction target.

The project promoted innovative production systems associated with practices that ensure the social, economic, and environmental sustainability of beef farms. As a result, it improved the interaction between production and climate. In addition, it valued the ecosystem services and other environmental impacts of livestock, as well as the socio-economic issues associated with the production itself and mitigation techniques. Overall, the applied carbon plans did not affect the rest of the observed indicators.

The LIFE project represents an important advance in the development of a standardized calculation system. It also shows the positive effects of mitigation techniques on real farms. It is worth highlighting the impetus of the project in raising awareness within the sector towards the effects of climate change, the need to apply techniques for reducing its impact and promoting ecosystem services.

1. Introducción

La Unión Europea es el tercer productor mundial de carne de vacuno, con un total de 7,5 millones de toneladas equivalente canal. Con un censo vacuno estabilizado alrededor de los 6 millones de cabezas, España ocupa el cuarto lugar en cuanto a producción de carne de vacuno y por censo bovino, por detrás de Francia, Alemania e Italia. Dando empleo, de manera directa, a más de 150.000 familias y, de forma indirecta, a más de 1 millón (MAPA, 2019). Además, el sector vacuno es el tercero en importancia económica dentro de las producciones ganaderas en nuestro país, por detrás del porcino y del avícola (incluyendo carne y huevos).

En España, el sector vacuno de carne representa de media, en los últimos 15 años, aproximadamente, el 17 % de la producción ganadera y el 6,5 % sobre la PFA. Este porcentaje ha crecido de forma casi constante desde 2014 hasta 2018.

La producción de vacuno genera efectos positivos sobre el medioambiente, entre los que se encuentran la protección del ecosistema de pastos y la conservación del carbono en los suelos. Sin embargo, la carne de vacuno, como cualquier otro alimento, también genera emisiones no deseables durante su producción. Estas emisiones asociadas a alimentos pueden dañar el medioambiente, lo cual parece preocupar cada vez más a la sociedad europea.



Ya en el año 2007, la FAO anunció la primera estimación de emisiones originadas por la ganadería. Posteriormente, se han publicado numerosos estudios alrededor de dicha estimación. Hoy en día, se considera que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la ganadería son responsables de un 14,5 % del total de las emisiones mundiales y, dentro de ellas, la principal fuente es la producción de carne de vacuno (Opio *et al.*, 2013).

El acuerdo alcanzado en París en la 21.^a reunión de la Conferencia de las Partes (COP 21) de las Naciones Unidas Convención Marco sobre el Cambio Climático supuso el compromiso de los Estados miembros (EEMM) a reducir sus emisiones de GEI y, como consecuencia de ello, se esperaba que los productores de carne de vacuno europeos tuviesen que minimizar las emisiones de GEI del sector.

A pesar de la creciente preocupación medioambiental, en los años anteriores al acuerdo de París, existían evidentes brechas de conocimiento entre ganaderos de vacuno de carne sobre posibles prácticas innovadoras para reducir las emisiones de GEI, así como sobre el potencial de la producción para favorecer el almacenamiento de carbono en suelos. No obstante, ya se intuía este doble papel de la ganadería en la lucha contra el cambio climático y en el mantenimiento de la sostenibilidad tecnológica y social de la actividad, que merecía ser estudiado.

Por ello, los debates suscitados en los meses previos a la COP 21 fueron los precursores de la presentación del proyecto Life Beef Carbon, un enfoque estructurado de lucha sectorial contra el cambio climático a través de la reducción de GEI. Life Beef Carbon pretende plantear una reducción de emisiones de GEI del 15 % durante los próximos 10 años en los 4 principales países productores de carne de vacuno a partir de razas cárnicas: Francia, Irlanda, Italia y España.

2. Tecnología/s o medida/s y los resultados en el ámbito de la granja o de las explotaciones

Una de las principales claves de este proyecto ha sido el desarrollo de un sistema armonizado de cálculo de emisiones a gran escala en granjas de vacuno de carne. Esta acción surgió como consecuencia de la evidente complejidad de la estimación de emisiones anuales en granja. Por ello, se realizó un inventario de métodos de cálculo y modelos de producción en cada uno de los cuatro países participantes (Italia, Francia, España e Irlanda).

Se revisaron los modelos de huella de carbono de la carne de vacuno en la literatura nacional y europea con respecto a objetivos, métodos, alcance, factores de emisión de GEI e impactos ambientales. Dichos modelos europeos fueron también comparados con otros utilizando el Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM) de la FAO.

El estudio demostró que la herramienta desarrollada y utilizada en Francia en el marco del proyecto CAP'2ER¹, así como la irlandesa Carbon Audit, eran capaces de estimar emisiones de un número significativo de granjas comerciales. Sin embargo, se demostró que ninguna de las dos estaba

• • • • • • • •

¹ BOSELLI, BAVA y MIGLIORATI (2014).



adaptada a los sistemas ganaderos de carne españoles. Por lo tanto, en España se optó por desarrollar un modelo alternativo, el modelo BovidCO₂.

La herramienta de evaluación ambiental BovidCO₂ fue desarrollada en colaboración entre Neiker y Asoprovac. La metodología de cálculo se basa en los documentos zootécnicos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Miteco), en las directrices del IPCC (2006 y 2019), en la guía de emisiones de contaminantes atmosféricos EMEP/EEA (2019), en la Guía GES'TIM+ (2020) y en la herramienta NAIA 2.0 (herramienta para la evaluación de la sostenibilidad en explotaciones de pequeños rumiantes)².

En aquel momento, muchos de los métodos de cálculo procedían de las guías del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) y las fuentes de emisión utilizadas procedían de bases de datos externas. Por ello, los potenciales factores de calentamiento global fueron estandarizados. También se incluyó la posibilidad de contabilizar el potencial secuestro de carbono en pastos y setos, que había sido incorporado inicialmente en la herramienta francesa CAP'2ER, utilizando resultados de investigación de Dollé *et al.* (2013).

Una vez realizada esta primera comparación, elección y adaptación de las herramientas a utilizar en el marco del proyecto, se seleccionaron 5 granjas por país (20 en total) con el objetivo de comprobar el nivel de variabilidad en los resultados obtenidos con los diferentes instrumentos.

Las granjas elegidas por cada uno de los países para el ejercicio de comparación fueron explotaciones comerciales representativas de sus principales sistemas productivos y pusieron de manifiesto la diversidad de prácticas intra y entre países. Se puede ver un ejemplo de esta diversidad en la Tabla 1.

En este ejercicio se decidió también que las emisiones se imputarían por kg de peso vivo producido en granja, descartando las emisiones asociadas a la compra del ternero, dado que no se trata de un análisis de ciclo de vida, sino que el foco se encuentra en el manejo y producción de la granja analizada. Dicha estrategia está alineada igualmente con el objetivo de Life Beef Carbon de promover la reducción de emisiones producidas en cada una de las granjas.

• • • • • • • • • •

² ASOPROVAC ha contado con la asesoría de Óscar del Hierro Cerezo (NEIKER), para la elaboración de una herramienta más ajustada al modelo productivo del vacuno de carne español.



Tabla 1.
Descripción técnica del estudio de las granjas de vacuno irlandesas, francesas, italianas y españolas

Granjas*	Pradera (ha)	Tierras de cultivo (ha)	Vacas (n)	Fertilizante (kg N/ha)	Concentrado (kg/cabeza)	Vacas vendidas (n)	Toros vendidos (n (edad))	Novillos vendidos (n (edad))	Novillas vendidas (n (edad))	PV** neto (kg/ha)	
Irlandesas ^a	IE1	39	48	170	231	6	-	25 (20)	25 (24)	915	
	IE2	39	74	170	125	12	39 (8)	-	40 (8)	793	
	IE3	40	0	178	528	0	-	98 (24)	-	1.353	
	IE4	40	0	178	225	0	-	140 (16)	-	1.340	
	IE5	20	0	114	1.001	0	-	210 (24)	-	1.196	
Francesas ^b	FR1	128	37	107	33	27	2 (>36)	52 (10)	18 (10) y 6 (36)	328	
	FR2	96	73	16	93	8	1 (>36)	35 (10)	20 (9) y 36 (36)	314	
	FR3	63	7	52	43	16	1 (>36)	64 (20)	6 (20)	733	
	FR4	41	0	100	1.700	0	-	199 (18)	24	2.018	
	FR5	60	10	68	59	174	20	-	32 (8)	9 (8) y 2 (20)	408
Italianas ^c	IT1	-	16	0	45	2.100	0	-	426 (22)	-	8.769
	IT2	9,5	22,5	0	166	1.606	0	146 (17)	-	-	1.830
	IT3	9	8	0	92	2.303	0	-	-	206 (20)	4.041
	IT4	9	33	0	162	1.644	0	197 (17)	-	-	1.527
	IT5	6	22	45	139	4	8 (15)	7 (9) y 3 (14)	10 (9)	363	
Españolas ^d	ES1	86	157	115	1.789	0	215 (15)	-	170 (17)	379	
	ES2	-	3	0	910	0	159 (12)	-	-	11.832	
	ES3	96	83	2.391	0	700 (15)	-	300 (13)	1.960		
	ES4	100	520	110	1.861	0	490 (15)	-	210 (13)	270	
	ES5	-	2	0	3.199	0	319 (12) y 424 (14)	-	-	157.875	

* Granjas:

^a IE1: nodriza a carne; IE2: nodriza a destete; IE3: mamón a carne; IE4: mamón a almacenar e IE5: cebo.

^b FR1 y FR2: nodriza a destete; FR3: nodriza a carne con compras; FR4: cebo y FR5: nodriza a destete y cebo.

^c IT1-IT4: cebo; IT5: nodriza a carne.

^d ES1, ES3 y ES4: nodriza a vacuno con compras y ES2 y ES5: cebo.

- Nodriza a destete: la progenie de vacas de carne se vende poco después del destete (8 meses).
- Nodriza a carne: la progenie de vaca de carne se cría y engorda en la misma granja.
- Cebo: compra y engorde.
- Mamón a carne - terneros excedentes de madre lechera criados y engordados.
- Mamón a almacén - terneros de raza láctea criados y vendidos a los 10 a 20 meses para cebo.

** PV: peso vivo.

Fuente: Boselli, Bava y Migliorati (2014). Elaboración propia.



3. Técnicas de mitigación

En la actualidad existe un número relativamente importante de técnicas de mitigación reconocidas mundialmente. Se basan sobre todo en la alimentación y en el manejo de los animales, en la gestión de los estiércoles, en el consumo de energía y en el uso de los suelos.

Con el objetivo de comenzar a seleccionar aquellas más apropiadas para su uso comercial en vacuno de carne, se realizó un primer análisis DAFO³ de cada una de ellas y se revisaron estudios nacionales disponibles sobre opciones de mitigación. En este análisis también se consideró el potencial de reducción de cada técnica de acuerdo a la bibliografía internacional. Como resultado de este ejercicio, se publicó un listado de las técnicas de mitigación consideradas como más apropiadas para el conjunto de los 4 países y los diferentes sistemas de producción⁴, con el fin de poder desarrollar posteriormente un plan de mitigación común (ver Tabla 2).

Tabla 2.
Listado de técnicas de mitigación consideradas en el proyecto

Estrategias de mitigación	Gases de efecto invernadero			Huella de carbono (%)	Coste
	CO ₂	CH ₄	NO ₂		
Rendimiento animal					
Aumento de la ganancia media diaria	+/-	-	-	-3 a -10	€
Reducción edad de sacrificio	+/-	-	-	-5 a -10	€
Mejorar la salud animal	-	-	-	-5 a -15	€
Optimizar la edad al primer parto	-	-	-	-5 a -10	€
Optimizar el ratio de partos	-	-	-	-5 a -10	€
Mejora genética	-	-	-	-2 a -10	€-€€
Alimentación					
Mejora del manejo de los pastos	-	-	+	-3 a -10	€
Mejorar la calidad del forraje	+/-	-	-	-3 a -8	€€
Aumentar la fracción de concentrado	+	-	+/-	-15 a +20?	€
Optimizar el contenido de proteína bruta	-	+/-	-	-3 a -8	€
Sustituir la soja por otra fuente	-	+/-	+/-	-3 a -15?	€
Aditivos: grasa, levadura, etc.	+/-	-	+/-	-15 a +5?	
Fertilidad de suelo					
Mejorar pH vía enmiendas	+	-	-	-2 a -5	€€-€€€
Optimizar los niveles de N,P,K	+	-	-	0 a -5	€
Incluir leguminosas	-	-	-	-2 a -10	€
Usar UREA	+/-	+/-	-	-2 a -5	€

• • • • • • • • • •

³ Acrónimo de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

⁴ O'BRIEN *et al.* (2019).



Tabla 2 (cont.).
Listado de técnicas de mitigación consideradas en el proyecto

Estrategias de mitigación	Gases de efecto invernadero			Huella de carbono (%)	Coste	
	CO ₂	CH ₄	NO ₂			
Sistema de almacenamiento de estiércol						
Alargar la temporada de pastoreo	-	+/-	+	-3 a -8	€	
Cubrir el estercolero	+/-	-	+/-	-2 a -5?	€€	
Digestión anaerobia/biogás	+/-	-	-	-3 a -10	€€€	
Aireación	+/-	-	+/-	0 a -5?	€€	
Compostaje	+/-	-	+/-	-2 a -5	€€	
Manejo del estiércol						
Inhibidor de la nitrificación	+/-	+/-	-	0 a -5?		
Inhibidor de la ureasa	+/-	+/-	-	0 a -5?		
Acidificación	+/-	-	+/-	0 a -5?		
Separación de sólidos	+/-	-	+/-	0 a -5?	€€€	
Método de esparcimiento y enterrado	+/-	+/-	-	-2 a -5	€	
Energías renovables	-	+/-	+/-	-1 a -2?	€€€	
Disminuir uso de energía	-	+/-	+/-	-1 a -2	€	
Ajustar la potencia del tractor	-	+/-	+/-	-1 to -2?	€	
Mantener o aumentar los pastos	-	+/-	+/-	-3 a -10	€	
Mantener o plantar setos y/o árboles	-	-	+/-	+/-	-3 a -10	€
No laboreo o mínimo	-	+/-	-	0 a -5	€	

Fuente: O'Brien D. *et al.* (2013 y 2019). Elaboración propia.

4. Elaboración de los planes carbono

Una vez armonizadas las metodologías de cálculo de las tres herramientas usadas en el proyecto, se procedió a recoger datos de campo para los dos tipos de granja determinados en Life Beef Carbon, las innovadoras y las demostrativas.

En el caso de las innovadoras, se escogieron un total de 170 granjas, de las cuales 15 son españolas. En España se seleccionaron ganaderos especialmente sensibilizados con la problemática del cambio climático en cada uno de los principales sistemas de producción nacional. Así, la muestra está compuesta por granjas de cebo, de vaca nodriza y mixtas de distintas regiones de la península (Figura 1).

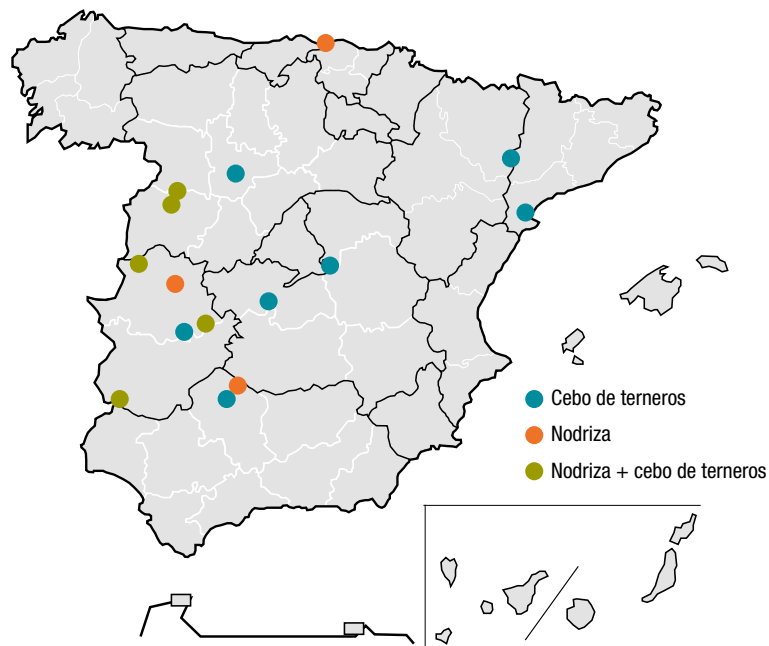
Durante las visitas a las granjas se realizó una recogida exhaustiva de datos relacionados con el manejo de los animales y del estiércol, la compra de insumos, las ventas, las infraestructuras, el gasto energético, la gestión de los pastos y las tierras de cultivo, entre otros, para determinar posteriormente sus emisiones de CO₂ equivalente por kg de peso vivo. Posteriormente, se trabajó de



manera individualizada con los 15 ganaderos para seleccionar aquellas técnicas de mitigación que mejor se ajustaban a su modelo de producción y a la realidad de su granja, con el propósito no solo de alcanzar la reducción objetivo del proyecto (-15 % de GEI de media), sino también para que sirviera de ejemplo a otras granjas.

Figura 1.

Localización de las granjas innovadoras participantes en el proyecto Life Beef Carbon en España (2020)



* 7 granjas de cebo, 3 granjas de vaca nodriza y 5 de granjas de vaca nodriza y cebo.

Fuente: elaboración propia.

En paralelo, se recogieron datos de otras 100 explotaciones españolas (1.780 en el conjunto de países) para construir una red de granjas demostrativas que permitiera establecer referencias de emisiones por sistemas y países. Para ello, se evaluaron los indicadores más comunes y se propusieron algunas recomendaciones generales para la mejora de las emisiones.

Además de los datos de huella de carbono, se elaboraron de manera adicional una serie de indicadores relativos a las contribuciones positivas de las granjas de vacuno de carne. Se trata de:

- El mantenimiento y cuidado de la biodiversidad del entorno, expresado en hectáreas equivalentes de biodiversidad. Para evaluar la contribución al mantenimiento de la biodiversidad se tomaron algunos elementos agroecológicos en cada una de las ganaderías tales como árboles, pastos o setos. Dichos elementos se tradujeron en hectáreas equivalentes de biodiversidad por medio de los coeficientes de equivalencia definidos en las reglas de las Buenas Condiciones Agrícolas y Medioambientales (BCAE/PHAE).



- El número de personas capaz de alimentar dicha granja en base a las recomendaciones medias de consumo de proteínas.
- La fijación de CO₂ que realiza la granja a través de las hectáreas de pasto de la misma. En la Tabla 3 se pueden observar los indicadores estimados para una granja mixta de vacas nodrizas y cebo sita en Castilla y León.

Figura 2.
Ejemplo de plan de carbono de una de las granjas innovadoras



* En cada estudio se analiza la huella de carbono inicial y la huella final, así como las principales acciones de reducción con detalles cualitativos y cuantitativos.

Fuente: elaboración propia.



Tabla 3.
Indicadores de contribuciones positivas de una granja de vacuno en Castilla y León

Fijo	Alimento a	Mantengo
111.782	445	4.314
t de CO ₂	personas/año	ha equivalentes de biodiversidad

Fuente: proyecto Life Beef Carbon. Elaboración propia.

Otras de las acciones establecidas en el proyecto fueron la realización de un análisis social de las granjas, así como el estudio de los efectos que los planes carbono podrían causar sobre otros indicadores medioambientales, concretamente, excedente de nitrógeno, lixiviación, eutrofización, emisiones de amoníaco y acidificación.

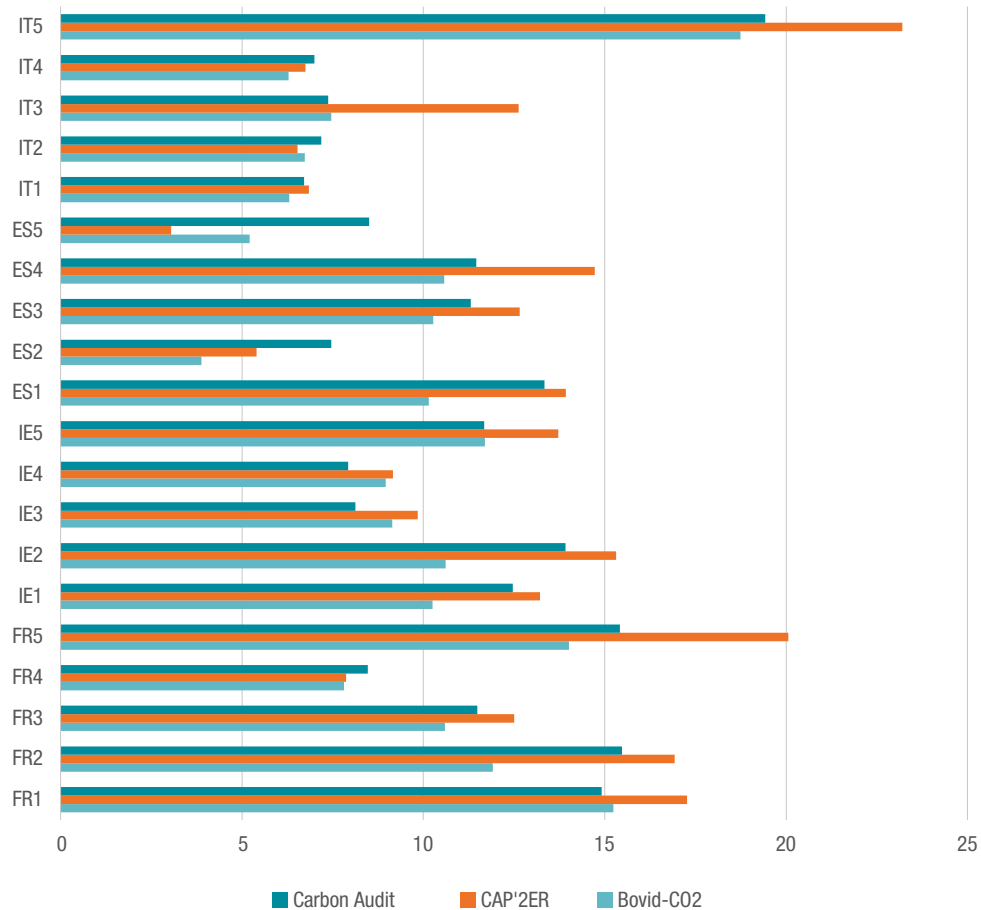
5. Resultados

- De manera general, y de acuerdo con los métodos de cálculo utilizados, si comparamos los resultados de huella de carbono de las granjas españolas con las demás del mismo tipo de los otros tres países podemos concluir diciendo que las emisiones medidas del cebo español son inferiores, mientras que los resultados de las granjas de vacas nodrizas son superiores.
- Si se incluyen en el cálculo de huella las estimaciones de fijación de carbono en granjas de vacas nodrizas o de vaca nodriza y cebo, los resultados de huella se reducen bastante.
- La huella media de las granjas de cebo de vacuno, mixtas y de vacas nodrizas estudiadas en España es de 5,72, 15,77 y 28,23 kg CO₂ eq/kg PV, respectivamente.
- La huella de carbono de las granjas mixtas se encuentra a medio camino de los valores medios de las granjas de nodriza y los cebaderos.
- La media del indicador de fijación de carbono en pastos en granjas de vacas nodrizas es de 142.194 y en granjas mixtas de 175.429 t de CO₂.
- Por su parte, las granjas de vacuno estudiadas permiten alimentar un promedio de 498, 2.406 y 6.796 personas/año en granjas de nodriza, mixtas y cebo, respectivamente.
- Las hectáreas de biodiversidad mantenidas sobresalen en el caso de granjas mixtas (8.181), seguido de las 4.869 contabilizadas en nodrizas, mientras que, en el caso de cebo, el promedio es de 138,07 hectáreas equivalentes de biodiversidad.
- Los planes carbono aplicados en las 15 granjas innovadoras del proyecto Life Beef Carbon han permitido reducir las emisiones entre un 6 y un 39 %. La mayor reducción se observa en granjas de vacas nodrizas, seguida de las mixtas y un tercer lugar ocupado por las de cebo estudiadas.



Gráfico 1.

Comparación de la huella de carbono en las granjas de los distintos países participantes. Se utilizaron diferentes herramientas para las mediciones como son el sistema Carbon Audit, CAP'2ER y BovidCO₂



Fuente: O'Brien *et al.* (2019).

6. Conclusiones

El proyecto ha hecho posible promover sistemas innovadores de producción asociados a prácticas que permitan asegurar la sostenibilidad social, económica y medioambiental de las granjas de vacuno, así como mejorar la interacción entre la producción y el clima.

En estos cinco años se ha podido observar una creciente sensibilización de la producción hacia los efectos del cambio climático y hacia la necesidad de aplicar técnicas que reduzcan su impacto y que promuevan los servicios ecosistémicos.

La huella de carbono de las granjas de cebo españolas es inferior a las de los otros países considerados, mientras que en el caso de las emisiones asociadas a granjas de nodrizas es mayor. Por su parte, las emisiones medidas de granjas mixtas son bastante próximas un punto intermedio entre ambas. Una



posible interpretación de esta menor huella en el cebo español podría ser debida a que el sistema de alimentación más habitual en España es una ración altamente digestible basada en pienso y paja. Esto, junto con una menor duración de los ciclos de engorde, podría explicar las diferencias de nuestras granjas con respecto a otros países.

Como se ha comentado, las principales fuentes de emisión en las granjas son consecuencia de la fermentación entérica y de la compra de alimentación, ya que los consumos energéticos y de combustibles son mínimos en el modelo productivo español.

Si se descuenta la fijación de carbono en granjas mixtas y de vacas nodrizas, las emisiones podrían reducirse de manera considerable, principalmente en las granjas del sistema dehesa, ya que cuentan con un elevado número de hectáreas asociado a la producción de nodrizas. No obstante, es necesario seguir trabajando para conseguir datos más detallados sobre el potencial real de fijación en hectáreas de pastos de diferentes zonas de España en función de sus características y manejos.

Life Beef Carbon, además, ha valorado servicios ecosistémicos y otros impactos medioambientales de la ganadería, así como las cuestiones socioeconómicas asociadas a la propia producción y a las técnicas de mitigación, observándose de manera general que los planes carbono aplicados no han perjudicado al resto de indicadores observados.

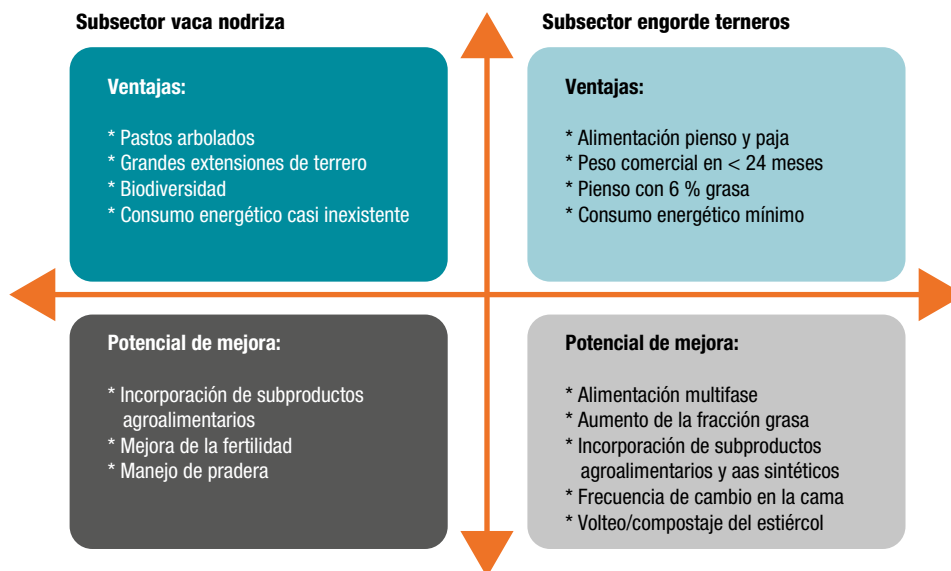
Los planes carbono aplicados en granjas comerciales de vacuno de carne han demostrado su capacidad para alcanzar el objetivo inicial de reducir en torno a un 15 % las emisiones de CO₂/kg PV, siendo mayor el margen de mejora en granjas de vacas nodrizas y mixtas que en las de cebo. Esta diferencia se debe al alto grado de especialización y optimización que ya hay en las últimas.

Sin embargo, el objetivo de la neutralidad de carbono requerirá sin duda de la puesta en marcha de nuevas técnicas de mitigación asociadas a una mayor inversión, por lo que se precisará de algún incentivo económico que facilite la aplicación de las mismas.



Figura 3.

Características de los distintos tipos de granja. Análisis de las ventajas y el potencia de mejora de las granjas de vaca nodriza y de cebo



Referencias bibliográficas

BOSELLI, L.; BAVA, L. y MIGLIORATI, L. (2014): *Environmental assessment of the main Northern Italy beef production systems using an LCA methodology*. Università degli studi di Milano.

DOLLÉ, J.; FAVERDIN, P.; AGABRIEL, J.; SAUVANT, D. y KLUMPP, K. (2013): «Contribution de l'élevage bovin aux émissions de GES et au stockage de carbone selon les systèmes de production»; *Journées AFPP Prairies, Systèmes Fourragers et Changement Climatique* (215); pp. 181-191; en <http://www.civ-viande.org/wp-content/uploads/2014/04/02-Dolle-GES.pdf> %5Cnfiles/216/Dollé et al. - 2013 - Contribution de l'élevage bovin aux émissions de G.pdf.

FAO (2007): «Livestock's long shadow»; *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1); pp. 7.

O'BRIEN, D.; HERRON, J.; ANDURAND, J.; CARÉ, S.; MARTINEZ, P.; MIGLIORATI, L.; MORO, M.; PIRLO, G. y DOLLÉ, J. B. (2019): «Life Beef Carbon: a common framework for quantifying grass and corn based beef farms' carbon footprints»; *Animal*. Elsevier 14(4); pp. 834-845.

OPIO, C.; GERBER, P.; MOTTET, A.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; MACLEOD, M.; VELLINGA, T.; HENDERSON, B. y STEINFELD, H. (2013): *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains - A global life cycle assessment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma.





La sostenibilidad del vacuno de leche en Galicia y en la cornisa cantábrica

M. D. Báez Bernal, M. I. García Pomar, A. Botana Fernández, J. F. Castro Insua, G. Salcedo Díaz, C. Santiago Andión, C. Resch Zafra y G. Flores Calvete

Agencia Galega de Calidad Alimentaria-Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (AGACAL-CIAM)

Resumen / Abstract

En la España húmeda se localiza más de la mitad de la producción de leche de vaca. Es la actividad agraria más importante de la zona siendo imprescindible para la vertebración económica, social y territorial. En este artículo se analiza el sistema de producción de vacuno de leche en la España húmeda y se hace hincapié en los aspectos más relevantes de cara a mejorar su sostenibilidad.

El aprovechamiento de la tierra para la producción de forrajes de alta calidad, incrementado con rotaciones de maíz/cultivo de invierno, pero limitado por las dificultades de ampliación de la base territorial, y su adecuada integración en las raciones de las vacas de leche constituye un elemento clave de la sostenibilidad de las explotaciones. En el trabajo son analizados varios aspectos relacionados con los tipos de alimentación, la fertilización de los forrajes, ambientales y de viabilidad económica y social. El modelo de paisaje en mosaico, donde se intercalan la superficie agraria y setos, árboles, vegetación de ribera, bosques etc., otorga un valor ecológico para la biodiversidad de la fauna y flora y ofrece control de la erosión, regulación del ciclo hidrológico, filtración de nutrientes y protección de la calidad del agua.

More than half of the dairy milk production in Spain are located in the north of the country, which is characterised by a wet and temperate oceanic climate. Dairy farming is the most important agricultural activity in Northern Spain and is vital for economic, social and territorial coordination. In this article, we analyze the dairy cattle production system in Northern Spain, with special emphasis on the most relevant aspects in relation to improving the sustainability of the process.



Production of high quality feed (which is increased by maize/winter crops but limited by the amount of land available) and its correct inclusion in dairy cattle diets are key elements in the sustainability of the farming systems. The study analyzes various aspects related to the type of feeding and fertilization of forage crops, as well as environmental, economic and social aspects. The mosaic landscape model, in which agricultural land is interspersed with hedgerows, trees, riverside vegetation and forests etc., bestows ecological value regarding the biodiversity of flora and fauna and provides erosion control, regulation of the hydrological cycle, nutrient filtration and protection of water quality.

1. Introducción

Tradicionalmente se describen a grandes rasgos dos modelos de producción de leche diferentes en España: a) uno de pequeña dimensión, en zonas de vocación y tradición lechera, donde apenas hay otras alternativas a esta actividad, que emplea fundamentalmente mano de obra familiar y cuya capacidad de crecimiento está limitada por la disponibilidad de tierra, y b) un segundo más intensivo, basado en el regadío, con explotaciones de mayor dimensión que se benefician de las economías de escala y que tienen sus principales limitaciones en la gran dependencia de las materias primas procedentes del exterior, y también con un mayor impacto medioambiental. El primer modelo se puede relacionar con el tipo de producción existente en la España húmeda, mientras que el segundo con zonas de producción más intensivas con la España seca.

En Galicia y la cornisa cantábrica (Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra) se producían en 2018 algo más de 4,2 millones de toneladas de leche de vaca, que representaron casi el 60 % del total producido en España¹, con un valor total de aproximadamente 1.400 millones de euros. Estas cifras son indicativas del hecho de que la producción láctea de vacuno es la actividad agraria más importante de la zona, siendo imprescindible para la vertebración económica, social y territorial de este lugar.

En las explotaciones hay un gradiente de intensificación productiva, con un mayor uso de la hierba fresca y ensilada, y consumo moderado de concentrados en las explotaciones pequeñas (60 % de explotaciones, 37 % de la SAU y 20 % de la producción), y una mayor dependencia del ensilado de maíz y concentrados en las de mayor dimensión (20 % de las explotaciones, 37 % de la SAU y 60 % de la producción), intensificación que aumenta con el tamaño de la explotación (UGM y superficie) junto al incremento de la productividad por animal y por hectárea².

Se observa una tendencia a producir en explotaciones cada vez más grandes, tecnificadas e intensivas que, junto a las limitaciones para incrementar la superficie, implica un mayor riesgo para el medioambiente. Así, desde 2016 hasta 2020, en Galicia y en la cornisa cantábrica, el sector ha disminuido el número de explotaciones en un 21,6 % (2.898 menos), ha incrementado los rendimientos de la explotación en un 29,1 %, se ha producido un descenso del número de vacas de leche en un 5,1 % y un aumento del número de vacas lecheras por explotación en un 22,8 %, con

• • • • • • • • • •

¹ MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (2020a).

² FLORES-CALVETE *et al.* (2017).



un crecimiento en el rendimiento de los animales de un 10,1 %, con una media de 8.567 kg/vaca, inferior a la media de España con 8.881 kg/vaca³.

La necesidad de conseguir modelos de producción sostenibles donde se conjugue la competitividad económica y las buenas prácticas que minimizan el impacto de las actividades agrarias sobre la calidad de los recursos naturales (agua, aire) y que, además, permitan obtener productos con mayores garantías para la salud es una demanda social, lo que ha obligado a la UE a establecer una serie de normativas que afectan a las explotaciones de vacuno de leche.

Así, con el objetivo de reducir los impactos de la actividad agroganadera en el medio, se han implementado la Directiva de Nitratos (1991/676/EC), la Directiva Marco del Agua (2000/60/EC) y la Directiva de reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos (UE/2016/2284). Por otra parte, dentro del Pacto Verde Europeo, la Estrategia 'De la Granja a la Mesa' (Comunicación 2020/381 final/CE) se focaliza en la sostenibilidad del sistema alimentario en el marco de una economía baja en C (carbono), alineada con la consecución de ambiciosos fines medioambientales, orientados a lograr la neutralidad climática en 2050. Uno de los puntos fundamentales de esta estrategia es la reducción de las pérdidas de nutrientes en un 50 %, sin deterioro de la fertilidad del suelo, mediante la aplicación de técnicas precisas de fertilización y de prácticas agrícolas sostenibles, y del reciclado de «residuos» orgánicos como fertilizantes renovables a través del uso de herramientas y del asesoramiento. La Estrategia sobre Biodiversidad busca entre otros objetivos conservar y extender las prácticas agroecológicas, los elementos paisajísticos ricos en biodiversidad de las tierras agrícolas y reducir las pérdidas de nutrientes procedentes de fertilizantes y de los plaguicidas. Por otro lado, la nueva PAC seguirá apoyando las rentas del sector lácteo y la sostenibilidad de las explotaciones.

En España se encuentra en fase de tramitación diversa normativa ambiental, entre las que se destacan dos reales decretos: a) el Real Decreto por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas bovinas⁴, que pretende sentar las bases para una mejor gestión productiva, zootécnica, sanitaria y medioambiental de las explotaciones, estableciendo, entre otros, unos requisitos y condiciones básicas de funcionamiento, y b) el Real Decreto por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios⁵, que quiere mantener o aumentar su productividad, a la vez que se disminuye el impacto ambiental de la aplicación de productos fertilizantes y otras fuentes de nutrientes o materia orgánica.

También hay propuestas que parten del sector como la de la Global Dairy Agenda for Action⁶ (GDAA), que ha desarrollado un marco basado en 11 criterios para la sostenibilidad de ganaderías de vacuno de leche a escala mundial.

En este artículo se analiza el sistema de producción de leche de vacuno de Galicia y de la cornisa cantábrica, haciendo hincapié en los aspectos más relevantes de este modelo de producción, así como en la necesidad de adaptación y mejora hacia un modelo más sostenible.

• • • • • • • • • •

³ MAPA (2020b).

⁴ MAPA (2019).

⁵ MAPA (2020c).

⁶ GDAA (2015).



2. La alimentación

2.1. Los modelos de producción

El modelo productivo configurado en el sector lácteo de la zona húmeda española en las últimas décadas estuvo muy condicionado por las limitaciones estructurales de la mayoría de las explotaciones –reducida superficie, fragmentación parcelaria y dificultades para incrementar la base territorial tanto a través de la compra como del arrendamiento de tierras⁷–. Cabe destacar la elevada dependencia de las importaciones de alimentos para el ganado vacuno en comparación con las áreas productoras vecinas del arco atlántico europeo, que contrasta con el abandono de miles de hectáreas de alto potencial agrario en muchos casos, mientras que en las comarcas más ganaderas existe una alta intensificación, lo que puede ser causa de problemas ambientales⁸.

En el trabajo colaborativo realizado por los grupos de investigación en producción de leche de los centros públicos de las comunidades del área septentrional de España⁹ (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra), donde se analizaron los resultados de una encuesta realizada a un total de 461 explotaciones de leche de vacuno, se ha constatado la existencia de modelos diferentes de producción, con un gradiente de intensificación que aumenta con el tamaño de la granja, pero con determinados rasgos comunes relativos al carácter familiar de las mismas, a la importancia de la base forrajera propia y a las limitaciones de superficie, especialmente marcadas en las granjas de mayor tamaño. De forma casi general, como respuesta a las limitaciones de base territorial en las explotaciones del área analizada, se desarrolló un modelo productivo de intensificación forrajera basado sobre todo en el incremento de la superficie dedicada a cultivos anuales para ensilar, en el que la rotación de maíz forrajero, como cultivo de verano, y raigrás italiano, como cultivo de invierno, es el predominante. Dicha rotación se realizaba en el 70 % del conjunto de explotaciones con una producción superior a las 175 toneladas de leche anuales. En general, las granjas de menos de 175 toneladas anuales eran representativas de un modelo productivo poco intensivo, mientras que las de más de 325 toneladas siguieron un sistema que puede considerarse como más intensivo. La mayor relevancia del maíz forrajero y la preponderancia de la utilización de ensilados frente al uso de forrajes verdes, ya sea a diente o mediante siega, ponen de manifiesto una correlación positiva entre el tamaño de la explotación y el nivel de intensificación productiva. Diversos autores han explicado este hecho como una consecuencia de la incapacidad de las explotaciones lecheras más dinámicas de acomodar su incremento de tamaño con el correspondiente aumento de la base territorial forrajera, debido a los altos precios de la tierra y a la competencia de otros usos¹⁰.

Considerando el conjunto de explotaciones de la muestra del citado estudio, la composición media de la ración ofrecida a las vacas de leche, expresada en porcentaje de MS (materia seca), era de un 15 % de hierba fresca, un 27 % de ensilado de hierba, un 13 % de ensilado de maíz, un 12 % de forrajes secos y algo menos de un 33 % de concentrados. Como puede verse en el Gráfico 1, estas

• • • • • • • •

⁷ LÓPEZ-IGLESIAS (2015).

⁸ LÓPEZ-IGLESIAS *et al.* (2013).

⁹ FLORES-CALVETE *et al.* (2017).

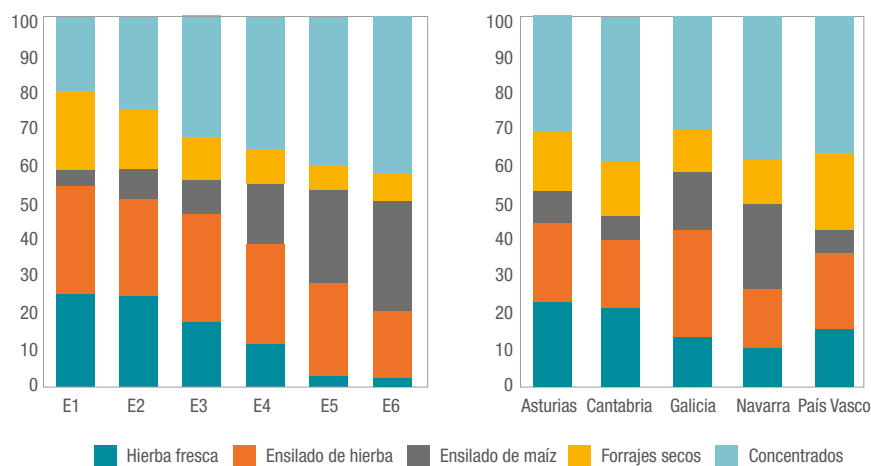
¹⁰ LÓPEZ-IGLESIAS (2002) y BARBEYTO (2003).



proporciones variaban en función del estrato de tamaño de las granjas y la época del año, si bien, en este último caso, la variación se hacía notar especialmente en las explotaciones en las que la hierba verde constituía una parte relevante de la dieta, dada la estacionalidad de la disponibilidad de pastos frescos (alta en primavera y baja en verano e invierno) en la zona agroclimática de Galicia y de la cornisa cantábrica.

Gráfico 1.

Composición media de la dieta de las vacas lecheras en producción por estrato de producción de leche y por comunidad autónoma. En porcentaje de MS total



* Estratos - E1: < 25 t; E2: 25-75 t; E3: 76-175 t; E4: 175-325 t; E5: 325-500 t; E6: > 500 t.

Fuente: Flores-Calvete *et al.* (2017). Elaboración propia.

La proporción de ensilaje de maíz en la dieta estaba correlacionada positivamente con el tamaño de la granja, siendo de signo inverso esta relación para el consumo de hierba fresca o ensilada. Las explotaciones de mayor dimensión seguían modelos más intensivos, con mayores cargas y animales más productivos, alimentados con raciones completas basadas en el ensilaje de maíz y un mayor uso de concentrados. En el extremo opuesto, en las de menor tamaño era más frecuente el aprovechamiento de la hierba a diente con vacas menos productivas, un mayor uso de ensilado de hierba y consumos de concentrado moderados. Estos modelos, sin embargo, están sujetos a variación, observándose la existencia de explotaciones pequeñas que encuentran en la intensificación productiva la forma de superar sus limitaciones estructurales y, a la inversa, explotaciones con un número de vacas relativamente elevado cuya base territorial les permite el aprovechamiento de la hierba en pastoreo.



2.2. Las dietas típicas en las explotaciones

Un análisis de agrupamiento de la composición de la dieta media anual de la muestra de explotaciones de la zona húmeda española permitió identificar cinco grupos de dietas típicas, diferenciadas fundamentalmente por el tipo de forraje que era mayoritario entre los ingredientes de esta, a saber: G1 (dieta de ensilado de hierba), G2 (dieta de ensilado de maíz), G3 (dieta con importancia semejante de ensilados de hierba y de maíz), G4 (dieta de hierba fresca) y G5 (dieta de forrajes secos), cuyas características se detallan en la Tabla 1. Las explotaciones basadas de forma preponderante en ensilaje de maíz son las que presentan un mayor uso de concentrados (algo superior al 40 % de la MS de la ración), mientras que en el extremo opuesto, aquellas de los grupos que basan la alimentación de las vacas en hierba fresca, utilizan los concentrados en una proporción inferior al resto de la muestra. Las dietas en las que el ensilaje de maíz tiene una presencia preponderante son utilizadas en explotaciones de mayor dimensión, con producciones por explotación y por vaca más elevadas, menor porcentaje de pastos permanentes y cargas superiores, comparadas con las otras cuyas dietas están encuadradas en los grupos de ensilado de hierba y sobre todo en los de hierba fresca y de forrajes secos, que son las típicas de las de menor dimensión, estando asociadas estas últimas, en determinados casos, a granjas que siguen modelos de producción ecológica.

Una estimación de la SAU y de la producción de leche total de la zona para las explotaciones encuadradas en cada tipo de dieta indicaba que las granjas que basaban la alimentación en el ensilado de maíz (grupos G2 y G3) gestionaban el 53,3 % de la SAU y eran responsables del 68,3 % de la producción de leche total, mientras que dichos valores para las explotaciones del grupo de ensilado de hierba (G1), de hierba fresca (G4) y de forrajes secos (G5) fueron, respectivamente, del 15,3 %, 12,2 % y 4,2 % de la leche producida y del 21,8 %, 17,9 % y 7,0 % del total de la SAU, mostrando la preponderancia de los modelos de producción considerados más intensivos, si bien estos mantienen una elevada dependencia de la base forrajera de la explotación.

Tabla 1.
Dietas típicas de las explotaciones lecheras de la España húmeda

	Composición de la ración (% de cada ingrediente en la MS total)				
	Hierba fresca	Ensilados		Forrajes secos	Concentrados
		Hierba	Maíz		
G1 (Ensilado de hierba)	7,4	43,0	1,4	14,2	33,9
G2 (Ensilado de maíz)	4,3	14,8	34,2	5,4	41,3
G3 (Ensilado de hierba y de maíz)	2,9	30,0	25,1	8,2	33,9
G4 (Hierba fresca)	43,3	19,6	4,7	7,3	25,1
G5 (Forrajes secos)	10,0	17,8	0,6	43,6	28,0

Fuente: Flores-Calvete *et al.* (2017).



Tabla 2.
Producción de leche, SAU y carga ganadera medias características de las explotaciones encuadradas en cada tipo de dieta

	Producción de leche (t)		Superficie Agraria Útil		UGM/ explot.	Carga UGM/ha
	Total/granja	Individual/vaca	ha/explotación	Pastos (%)		
G1 (Ensilado de hierba)	151	6,5	20,2	91,6	32,5	1,94
G2 (Ensilado de maíz)	542	9,0	32,8	50,8	85,7	2,67
G3 (Ensilado de hierba y de maíz)	279	7,4	25,1	67,4	52,5	2,29
G4 (Hierba fresca)	106	6,0	14,9	83,2	26,7	1,96
G5 (Forrajes secos)	112	5,8	16,8	88,5	29,8	1,96

Fuente: Flores-Calvete *et al.* (2017).

2.3. Las leguminosas como cultivos forrajeros

Ante la necesidad de mejorar la rotación forrajera predominante de maíz con raigrás e incrementar la producción de proteína en la explotación, en los últimos años, grupos de investigación de Galicia y de la cornisa cantábrica han trabajado en la incorporación de nuevas especies de leguminosas anuales en cultivo monofito o en mezclas con raigrases como cultivo invernal en rotaciones de dos cultivos por año.

Se ha demostrado que las leguminosas anuales presentan una alta productividad y un elevado valor nutricional, y pueden ser compatibles con el cultivo de maíz. En Galicia, los tréboles migueliano y persa para aprovechamientos más precoces y el trébol encarnado en los más tardíos parecen ser las especies más interesantes para rotar con el maíz¹¹. Al sustituir el raigrás en la rotación raigrás-maíz por una mezcla de leguminosas-gramínea se incrementa la proteína bruta de la rotación¹², e incluso si se trata de un monocultivo de trébol encarnado, se pueden reducir las necesidades de abonado en el maíz que le sigue¹³. Generalmente se obtiene una respuesta mejor de las mezclas de leguminosas con raigrás comparada con las de siembras polifitas sin gramíneas acompañantes, por lo que en explotaciones se recomienda la asociación de varias leguminosas con raigrás italiano o híbrido, y asegurar de esta forma la implantación del cultivo y la ensilabilidad de la mezcla¹⁴.

En el caso de Asturias, las habas forrajeras en monocultivo o asociaciones con raigrás italiano¹⁵ o colza¹⁶ constituyen una alternativa al raigrás italiano como cultivo de invierno para rotar con maíz.

¹¹ FLORES *et al.* (2011).

¹² BOTANA *et al.* (2016).

¹³ BÁEZ *et al.* (2021).

¹⁴ FLORES-CALVETE *et al.* (2016).

¹⁵ BAIZÁN GONZÁLEZ (2019).

¹⁶ JIMÉNEZ CALDERÓN (2017).



Así mismo, también se ha podido constatar que la alimentación con pastos que contienen leguminosas (mezcla de raigrás inglés, trébol violeta, trébol blanco y alfalfa) y la alimentación con ensilados de leguminosas anuales (trébol violeta, trébol blanco y alfalfa) en comparación con ensilados de raigrás inglés permite mejorar el perfil de ácidos grasos¹⁷ y antioxidantes en la leche¹⁸.

Sin embargo, y en contrapartida a estas ventajas, debe tenerse en cuenta el superior precio de las semillas de leguminosas y las mayores dificultades de implantación respecto al raigrás y, además, la carencia de materias activas de herbicidas para combatir la flora adventicia, lo que requiere por parte del ganadero cierta formación y habilidades en el manejo, hechos que han limitado por el momento la verdadera implantación de estos cultivos en las explotaciones.

2.4. Los forrajes como elemento de sostenibilidad

En un escenario de precios de la leche desregulados y altamente volátiles, dependientes de la situación del mercado mundial, y precios de los insumos con tendencia al alza, el aprovechamiento de la tierra para la producción de forrajes de alta calidad y su adecuada integración en las raciones de las vacas de leche constituye un elemento clave de la sostenibilidad de las explotaciones. La búsqueda de un menor coste por litro de leche, el dimensionamiento de la explotación y el tipo de vacas para optimizar los resultados económicos de la granja se convierten en objetivos prioritarios en este nuevo contexto, y no la obtención de un mayor número de litros por vaca como garantía de éxito empresarial. Esto se traduce en el interés por la introducción de sistemas más extensivos, que conformen las demandas actuales de la sociedad relativas al bienestar animal y al cuidado del medioambiente, e incluso se empieza a visualizar la producción de leche ecológica como una alternativa a los sistemas convencionales, que tropieza, en no pocas ocasiones, con el obstáculo de las dificultades del acceso a la tierra para mejorar la sostenibilidad de las explotaciones lecheras. En paralelo, los sistemas de producción basados en forrajes, en particular, los que integran el pastoreo, confieren características diferenciales de alto valor potencial al proceso productivo y al producto leche, con la singularidad de su generación a pie de granja, favoreciendo de forma directa al productor y trasladándose a lo largo de toda la cadena de valor hasta llegar al consumidor.

3. La fertilización de los cultivos forrajeros

Los sistemas de producción de vacuno de leche de Galicia y de la cornisa cantábrica se caracterizan por estar ligados a la tierra y las deyecciones generadas por el ganado —purines, que representan más del 90 % de las deyecciones, y estiércoles se aplican en los cultivos forrajeros de la explotación, optimizándose el ciclo de nutrientes y consiguiendo un ciclo cerrado.

• • • • • • • • • •

¹⁷ VEIGA LÓPEZ (2019).

¹⁸ BOTANA FERNÁNDEZ (2019).



En general, el estiércol se produce por los terneros y las vacas en paridera, que suelen estar con cama de paja, y el purín se genera a partir de las novillas y las vacas de producción. El sistema de recogida mayoritario de las deyecciones en las naves es mediante sistemas de arrobadera automáticos colocados en los pasillos para luego ser canalizadas hacia la fosa. También, restos de cama (carbonato más serrín, arena, etc.) y aguas de limpieza (principalmente de la lechería y del tanque) van a parar a la fosa.

El número medio de fosas por explotación es de 1,4, de las cuales algo más del 60 % están cubiertas, con una capacidad media de almacenamiento por UGM de 7 m³, con valores en torno a 3,5 m³ en Asturias y País Vasco y superiores a 6 m³ en Navarra, Galicia y Cantabria¹⁹.

Antes de la siembra del maíz y praderas, más de un tercio de las explotaciones aplican el purín mediante esparcido con abanico y lo entierran posteriormente con gradas de discos como medida efectiva para reducir la volatilización del amoníaco e incrementar la eficiencia en el uso del N (nitrógeno). Los sistemas localizados o inyectados han tenido hasta el momento una presencia mínima, pero hay un aumento en la compra de sistemas de aplicación en bandas, muy apropiados para las praderas, y de inyección, ante las nuevas normativas para disminuir las emisiones de amoníaco²⁰.

Las cargas ganaderas medias según dieta típica van desde 1,9 UGM/ha –hierba fresca (G4) y ensilado de hierba (G1)– hasta las 2,7 UGM/ha en ensilado de maíz²¹. Las necesidades de P (fósforo) y de K (potasio) quedarían cubiertas para praderas con 2,5 UGM/ha y 1,5 UGM/ha, respectivamente, y para una rotación cultivo invernadero/maíz quedarían cubiertas con 3 UGM/ha y 3,5 UGM/ha, respectivamente. Para el N considerando las posibles pérdidas por volatilización del amoníaco, con una carga máxima de 3,5 UGM/ha quedarían cubiertas las necesidades de las praderas y con una de 4,5 UGM/ha, las necesidades de una rotación cultivo invernadero/maíz²². Por lo tanto, para las cargas ganaderas existentes en Galicia y en la cornisa cantábrica no hay un exceso de purín, encontrándonos con un modelo tradicional de economía circular que es necesario defender y preservar, con carácter general.

La principal limitación que nos encontramos para la correcta gestión del purín es la falta de capacidad de almacenamiento de la fosa, lo que hace que parte de ese purín sea utilizado en momentos en que el cultivo no lo necesita o cuando las condiciones edafoclimáticas no son las adecuadas. En explotaciones intensivas con cargas ganaderas superiores a 2 UGM/ha, el período de almacenamiento debe ser de 6 meses, calculando del orden de 13-14 m³/UGM, y en las explotaciones extensivas con cargas ganaderas inferiores a 2 UGM/ha debe ser de 4-5 meses, calculando del orden de 9-10 m³/UGM²³.

Hay limitaciones en la aplicación de purines en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos del País Vasco y Navarra, que tienen planes de actuación que obligan a cumplir con las medidas previstas en los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias, llevar un cuaderno de explotación con registro de los

• • • • • • • • • •

¹⁹ FLORES-CALVETE *et al.* (2017).

²⁰ MAPA (2020c).

²¹ FLORES-CALVETE *et al.* (2017).

²² CASTRO (2020).

²³ CASTRO *et al.* (2016).



planes y prácticas de abonado y limitar la cantidad máxima de fertilizante orgánico que se puede aplicar a la que contenga el equivalente a 170 kg de N por hectárea y año. En estas zonas algunas de las soluciones adoptadas para gestionar el purín son almacenamientos colectivos o separadores sólido-líquido, medidas aplicables también en zonas con explotaciones de elevada densidad ganadera.

La aplicación de los purines tiene efectos beneficiosos en los suelos de las explotaciones, como son la fijación de C²⁴ con los beneficios indirectos de mejora de la estructura y la capacidad de retención de agua, el incremento de la capacidad de intercambio catiónico²⁵ y, por tanto, de la disponibilidad de nutrientes, y el aumento de la biomasa microbiana²⁶, entre otros. Por otro lado, una mayor cantidad de C estabilizado con la fracción mineral incrementa la capacidad del suelo para actuar como filtro ante la lixiviación, así se ha encontrado que las pérdidas de nitratos por lixiviación en una pradera eran mayores tras el aporte de fertilizante mineral que tras el de purín de vacuno²⁷.

La intensificación ganadera de las últimas décadas del siglo XX con un incremento de los purines en la explotación y un mayor consumo de fertilizantes minerales, junto con aplicaciones realizadas sin tener en cuenta el valor fertilizante de los purines, llevaron a que los suelos de las explotaciones alcanzaran niveles muy altos de fósforo (P) con los posibles efectos adversos sobre la eutrofización de las aguas. El contenido medio en P asimilable de los suelos en las provincias con mayor producción de ganado vacuno lechero de la España húmeda en el año 2009 iba desde 23,5 ppm en Navarra hasta 60,8 ppm en Guipúzcoa, si exceptuamos Vizcaya con 10 ppm. Se presentaban valores medios altos, por encima de 30 ppm, en las provincias de Álava, Asturias, A Coruña, Lugo y Guipúzcoa. Los valores medios de K tendían a ser altos en Lugo con 218,9 ppm, Navarra con 218,2 ppm y Guipúzcoa con 298,8 ppm²⁸. En Galicia es evidente la fuerte acumulación de P en el suelo de las explotaciones lecheras y también, pero en menor medida, la acumulación de K²⁹. Ante esta situación, en los últimos años, la aplicación de fertilizantes fosfatados y potásicos ha disminuido por una adaptación de las casas comerciales a los niveles de estos minerales en el suelo y a la valoración de los nutrientes aplicados con el purín³⁰, tendiéndose a utilizar abonos complejos con baja proporción de estos nutrientes. Actualmente, la fertilización mineral de los cultivos forrajeros consiste básicamente en la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

En Galicia, Asturias, Cantabria y norte del País Vasco, los suelos son de naturaleza ácida³¹, por lo que precisan de un encalado periódico que incremente la disponibilidad y la eficiencia de utilización de los nutrientes por la planta. En Galicia, algo más de la mitad de las parcelas de las explotaciones presentan deficiencias en el encalado³².

• • • • •

²⁴ BÁEZ *et al.* (2014); Mangado (2016); BÁEZ *et al.* (2019).

²⁵ BÁEZ *et al.* (2014).

²⁶ PAZ-FERREIRO *et al.* (2008).

²⁷ BÁEZ *et al.* (2010).

²⁸ RODRÍGUEZ *et al.* (2009).

²⁹ GARCÍA *et al.* (2012).

³⁰ DELAGRO y CIAM (2012).

³¹ RODRÍGUEZ *et al.* (2009).

³² GARCÍA *et al.* (2014).



Existen herramientas y programas de fertilización en los que se hacen recomendaciones de las dosis a aplicar de purín de vacuno, que tienen en cuenta su valor fertilizante³³, y cuya utilización incrementa la eficiencia en el uso de los nutrientes.

4. Índices de sostenibilidad

El desarrollo de herramientas y cálculo de índices de sostenibilidad ofrecen la oportunidad de analizar la situación de las explotaciones y orientarlas hacia acciones más sostenibles.

4.1. Herramientas de sostenibilidad

En el contexto de grupos de trabajo en la cornisa cantábrica son varias las tentativas en este sentido. La aplicación en Excel «NAIA» permitió analizar la sostenibilidad de las explotaciones lecheras desde los tres ámbitos —económico, ambiental y social— y para ello considera más de un centenar de indicadores de diversa naturaleza—25 económicos, 41 ambientales y 51 sociales—. La validación de esta herramienta con un pequeño grupo de explotaciones representativas de los sistemas de producción, atendiendo a la base forrajera incluida en la ración³⁴ (17 explotaciones navarras), identificó valores bajos para la «diversificación y riesgo» y la estabilidad, consecuencia de la elevada especialización en venta de leche a la industria y la alta dependencia de factores ajenos a la explotación como la coyuntura económica. En cuanto a los aspectos sociales, las puntuaciones fueron buenas para características de empleo, generación de empleo y bienestar animal. Aspectos como la valoración del entorno «paisaje y sistemas tradicionales» y el acercamiento a los consumidores necesitan mejorar, puesto que solo aquellas explotaciones que apuestan por la diversificación consiguen el acercamiento a los usuarios.

En este trabajo, el análisis de la dimensión ambiental indica, en general, el buen uso y gestión de la superficie agraria de las explotaciones, relación elevada entre ganado y superficie en las más intensivas debido al incremento que se da en este tipo de explotaciones en el número de cabezas, sin que paralelamente se produzca un aumento en la superficie de la explotación, lo que conlleva a elevar las cantidades de N por unidad de superficie procedente de las deyecciones. En este ámbito ambiental, también es analizado el balance de nutrientes (N y P) a nivel de explotación.

Salcedo y Salcedo-Rodríguez³⁵ proponen una valoración de la sostenibilidad considerando dos índices: el de calidad del proceso y el de calidad del producto. En esta metodología incluyen indicadores referidos al ambiente, al suelo, a la composición química del purín, a la alimentación y a la calidad nutritiva y composición de los ácidos grasos de la leche. En total intervienen 66 variables y las explotaciones son clasificadas en mejorables, regulares, buenas y excelentes. Al aplicarlo a una muestra más amplia que la del trabajo anterior, con 54 explotaciones representativas de los diferentes sistemas de producción

³³ IRAÑETA *et al.* (2010); CAMPO GALEGO (2015); GARCÍA *et al.* (2015, 2017, 2018).

³⁴ EGUINOVA *et al.* (2017).

³⁵ SALCEDO y SALCEDO-RODRÍGUEZ (2021).



de leche en la cornisa cantábrica, obtienen clasificaciones semejantes para los dos índices, siendo el 40 % de las explotaciones calificadas como buenas y excelentes y el 60 % restante como regulares y mejorables. Las explotaciones tienen un amplio margen de mejora, especialmente en lo que se refiere a la eficiencia en la alimentación del ganado y al manejo de la superficie de cultivos forrajeros, que son los dos aspectos de mayor impacto en los índices de proceso y de producto. En este estudio los autores apuntan la conveniencia de incorporar otros índices relacionados con el bienestar animal, económicos y sociales.

4.2. Balance de nutrientes: nitrógeno y fósforo

Con el balance de nutrientes (N y P) se diagnostica en qué medida las salidas de productos (leche y carne) compensan las entradas (alimentos, compras de ganado, fertilizantes y deposición atmosférica). Un análisis del balance permite identificar los manejos de la explotación que pueden mejorarlo, reduciendo las pérdidas al medioambiente y haciendo un uso mejor de los recursos de la granja con la subsiguiente reducción de costes.

En un estudio realizado sobre 16 explotaciones en Galicia pertenecientes a cinco sistemas de alimentación se encontró que el balance de N, con una media de 250 kg/ha, y de P, con una media de 30 kg/ha, se incrementaba con la intensificación de la explotación³⁶, dicha correlación también se encontró en Cantabria³⁷. La eficiencia (salidas/entradas) en el uso del N, con una media de 27,6 %, fue más baja en las explotaciones de pastoreo y la eficiencia en el uso del P, con una media de 40,4 %, apenas varió entre sistemas de alimentación, pero sí dentro de cada grupo. Comparando estos resultados con los obtenidos hace 15 años³⁸ se observa que el balance y la eficiencia de utilización del P en Galicia está mejorando, así como el balance de N, aproximándose a los balances que en aquella época se encontraron en el País Vasco en un estudio similar en 16 explotaciones, en el que el balance de N fue de 257 Kg/ha y la eficiencia del 27 % y el balance de P fue de 37 kg/ha y la eficiencia del 35 %³⁹. En Cantabria, en un primer estudio con 13 explotaciones intensivas, el balance medio de N fue de 435 kg/ha con una eficiencia del 27 % y el balance medio de P fue de 30 kg/ha con una eficiencia del 60 %⁴⁰; en otro estudio posterior sobre 40 explotaciones de diferentes tipologías, el balance de N estimado varió según la intensificación desde 59,4 kg/ha hasta 146 kg/ha⁴¹. Se puede disminuir más el balance de P con la reducción o eliminación de fertilizantes fosfóricos, dados los niveles muy altos de P en suelo, pero sobre todo hay que hacer un esfuerzo en la mejora del balance de N, cuyo objetivo general para las explotaciones lecheras sería alcanzar una eficiencia del 30 % y un balance en torno a los 155 kg/ha⁴². Para ello se podrían adoptar medidas encaminadas a la reducción de los fertilizantes minerales nitrogenados mediante: el cultivo de leguminosas, la determinación del valor fertilizante de los purines y su enterrado tras la aplicación, el ajuste de la proteína bruta de la

• • • • •

³⁶ GARCÍA *et al.* (2020).

³⁷ SALCEDO (2011).

³⁸ RAISON *et al.* (2006); GARCÍA *et al.* (2007).

³⁹ DEL HIERRO *et al.* (2007).

⁴⁰ SALCEDO (2011).

⁴¹ DOLTRA *et al.* (2018).

⁴² QUEMADA *et al.* (2020).



ración a las necesidades del animal y la disminución en el consumo de concentrados a través del uso de forrajes propios con rotaciones e incrementos de la superficie de la explotación.

4.3. Huella de carbono

Los estudios llevados a cabo en la cornisa cantábrica estiman huellas de C (carbono) para la producción de un litro de leche en los rangos obtenidos por otros autores en otras localizaciones. No obstante, hay que tener en cuenta que los resultados pueden variar bastante por las aproximaciones metodológicas aplicadas en cada caso e incluso por la influencia que tienen las condiciones climáticas y el sistema de producción.

El CH₄ (metano) procedente de la fermentación entérica es la mayor fuente de emisión de GEI (gases de efecto invernadero) en las explotaciones, por lo que el tipo de dieta tiene un efecto importante tanto en las emisiones directas de CH₄ como en las emisiones indirectas de N₂O (óxido nitroso) y CO₂ (dióxido de carbono) asociadas a las importaciones de alimentos. El CH₄ procedente del almacenamiento del purín también es una fuente importante, especialmente, en los sistemas donde los animales están estabulados⁴³.

Los estudios realizados en base al tipo de forraje mayoritario en la dieta⁴⁴ ponen de manifiesto un considerable margen de mejora en todos los sistemas, tanto en las emisiones generadas dentro de la explotación (que pueden representar el 60 % del total) como en las formadas fuera (40 % del total), y que se deben a la compra de alimentos, fertilizantes, electricidad, gasóleo, plásticos y animales.

Las emisiones se reducen al mejorar la eficiencia de conversión de los alimentos en los productos de la explotación (leche y carne), y los indicadores de eficiencia ligados al ciclo de N como la NUE (N recuperado en la leche respecto al N ingerido) y el balance de N están muy relacionados con las emisiones de GEI. Las emisiones de GEI por hectárea se incrementan al aumentar el balance de N y las emisiones por litro de leche crecen al disminuir el NUE.

Como principales recomendaciones para reducir la huella de C se identifican las siguientes:

- Ofrecer dietas con alta digestibilidad y de esta forma reducir la formación de CH₄ entérico.
- Disponer de animales más productivos a través de la mejora genética.
- Mejora de la fertilidad y longevidad del ganado, de forma compatible con el mantenimiento de una alta eficiencia productiva.
- Adaptar el nivel de proteína en la dieta de los animales, reducir la utilización de concentrados o incluir en los mismos ingredientes con el menor potencial de calentamiento global –p. ej.,

• • • • • • • • • •

⁴³ DEL PRADO *et al.* (2013).

⁴⁴ SALCEDO *et al.* (2019); SALCEDO (2020); SALCEDO *et al.* (2020).



sustituir soja por colza, o suplementos proteicos más próximos a las explotaciones (bagazo de cerveza)—.

- Aumentar la producción de forraje en las explotaciones⁴⁵ con un buen manejo de la fertilización o incorporando rotaciones que incluyan leguminosas (fijación biológica de N₂). De esta forma se reducen los consumos externos proteicos y la compra de fertilizantes nitrogenados.
- Reciclado eficiente en el sistema suelo-planta de los nutrientes almacenados en los estiércoles y purines, y mejorar la gestión de los purines con estercoleros y fosas (cubiertas y bien dimensionadas) que permitan realizar las aplicaciones sincronizadas a las demandas nutricionales de los cultivos, atendiendo a los niveles de fertilidad del suelo y del valor fertilizante del purín.
- La incorporación de inhibidores de la nitrificación tanto con fertilizantes minerales como con purines reducen las emisiones de N₂O.
- En aquellas explotaciones en las que las praderas constituyen un porcentaje elevado de la superficie forrajera potenciar el aprovechamiento directo de la pradera con los animales pastando, eso sí, adaptando las cargas y periodos de pastoreo a las condiciones de humedad del suelo para no incrementar las emisiones de N₂O. En estos sistemas, el potencial de las praderas como sumideros de C puede compensar parte de la huella y también puede ayudar a reducirla el complemento de la dieta con silos de maíz⁴⁶.

4.4. Huella hídrica

Los principales consumos de agua en las explotaciones se deben a: las necesidades de los animales en la alimentación, la limpieza de los establos, los equipos e instalaciones y el aseo del personal.

En un trabajo en el que participaron 96 explotaciones gallegas⁴⁷ se evaluó el estado de ecoeficiencia de las granjas, analizando conjuntamente la huella de carbono y la huella hídrica, que alcanza un valor medio de 52 litros/kg de leche. En este análisis, 21 explotaciones fueron clasificadas como eficientes y con las puntuaciones obtenidas identificaron la posibilidad de reducción media de los *inputs* en el 53 %, lo que implica un impacto en las pérdidas de las huellas de carbono e hídrica del 49 % y 55 %, respectivamente. La disminución en el consumo de plásticos y en la generación de aguas de desecho son dos aspectos esenciales para mejorar la eficiencia en estas granjas.

● ● ● ● ● ● ● ●

⁴⁵ DOLTRA *et al.* (2018).

⁴⁶ JIMÉNEZ-CALDERÓN (2018).

⁴⁷ CORTÉS *et al.* (2021).



Como principales recomendaciones para reducir la huella hídrica se identifican las siguientes:

- Utilizar bebederos adecuados a la explotación.
- Instalar sistemas de recuperación y depuración de agua, como puede ser el almacenamiento de las pluviales para usarlas para el lavado, reduciendo así el consumo de agua limpia.
- Utilizar sistemas de limpieza de alta presión para ahorrar agua.
- Registrar los consumos de agua para detectar y subsanar posibles fugas.
- Mantener las superficies limpias para evitar la contaminación difusa del agua con purines, lixiviados de silos o resto de productos químicos.
- Disponer en lo posible de superficies lisas en los equipos para ahorrar agua en limpieza.

5. La viabilidad económica de las explotaciones

En cuanto a la viabilidad económica de las explotaciones lácteas de Galicia y de la cornisa cantábrica, es destacable la falta de datos públicos representativos, tanto a escala estatal como autonómica, que nos permitan ofrecer una visión acorde a la realidad. En España, el MAPA elabora el *Estudio de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias (ECREA)* para diversos tipos de producciones, que en el año 2017 incluía un número elevado de explotaciones (339), pero con una distribución regional no proporcional al número de explotaciones ni a la producción y sin datos en función del modelo productivo. La «Red Nacional de Granjas Típicas (RENGRATI)» del MAPA, en el año 2019, presentaba datos con muy pocas explotaciones (15). Por otra parte, hay datos privados (gestión técnico-económica en las granjas de leche realizadas por cooperativas, industrias y otras entidades) no disponibles y recogidos sin criterios uniformes, que impedirían, en su caso, su tratamiento conjunto. Esta falta de información fiable y representativa de los datos económicos de las explotaciones lecheras es una deficiencia importante del sector lácteo español, que debería ser corregida a corto plazo por las administraciones públicas.

A pesar de lo anterior, existe alguna información disponible acerca de la viabilidad económica de explotaciones de Galicia como la presentada por Lorenzana *et al.*⁴⁸, donde se estudió una muestra de 38 explotaciones de leche de vaca, con diferente grado de intensificación productiva. De todas formas, aunque no son datos extrapolables a toda la cornisa cantábrica, sí son representativos de los diferentes modelos productivos existentes descritos en el apartado dedicado a la alimentación. En este trabajo, las explotaciones que seguían sistemas de pastoreo, en particular, las de producción ecológica, mostraron mejores índices económicos en términos de margen neto por litro, comparadas con las que siguen un modelo de alimentación basado en ensilados, con animales estabulados (Gráfico 2). A su vez, se advierte un gradiente de intensificación productiva ligado al uso de ensilados frente al pastoreo y al empleo del ensilaje de maíz como forraje principal en la dieta de las vacas. Por lo que la

• • • • •

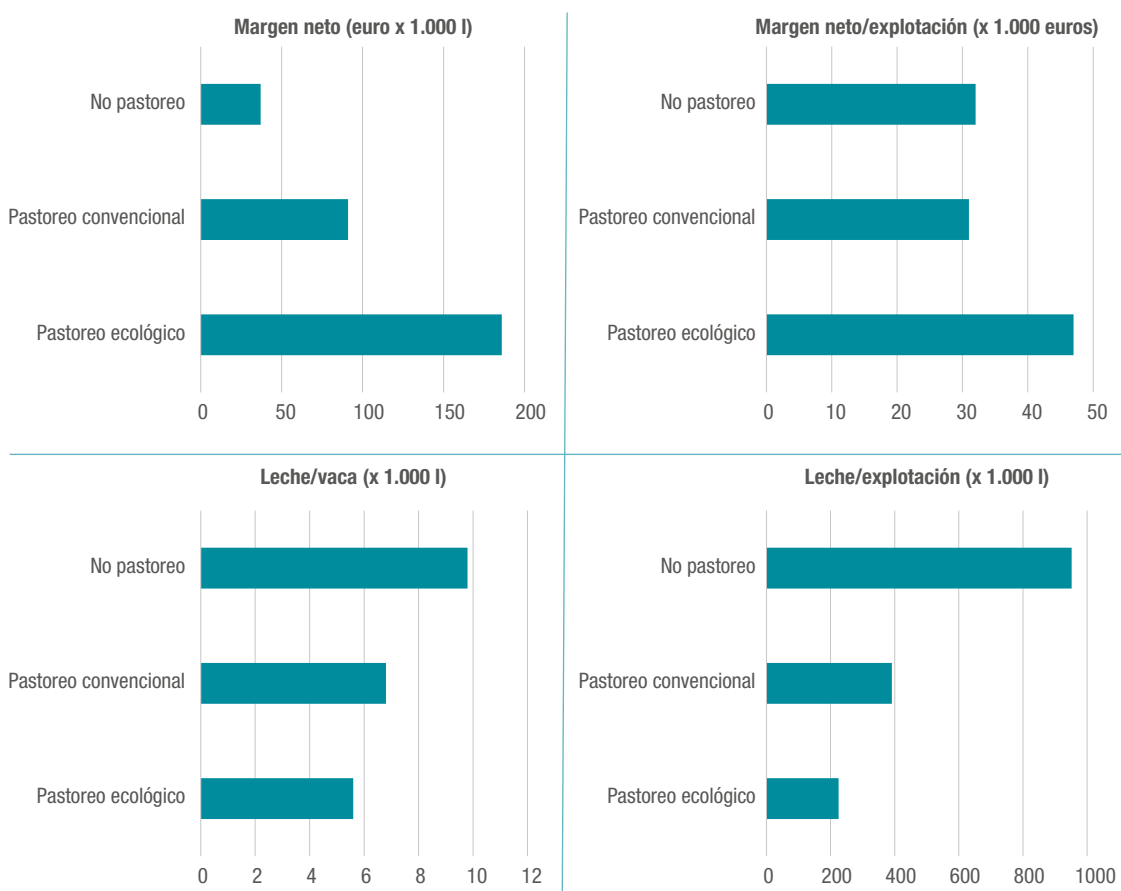
⁴⁸ LORENZANA *et al.* (2019).



mayor producción de leche por explotación y la productividad de la mano de obra más elevada en las explotaciones más intensivas permite compensar parcialmente los menores márgenes unitarios por litro frente a las granjas de pastoreo. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran que la viabilidad económica de las explotaciones de mayor tamaño es más dependiente de las ayudas públicas, siendo más vulnerables a eventuales reducciones del apoyo recibido de la PAC, a la par que son más sensibles al incremento de los costes de producción. Al mismo tiempo, las primas actuales en el precio de la leche condicionan los resultados altamente positivos de la producción de leche ecológica.

Gráfico 2.

Índices económicos medios de 38 explotaciones de leche de vaca de Galicia



* Pastoreo ecológico (9 granjas); pastoreo convencional (10 granjas) y no pastoreo (19 granjas).

Fuente: Lorenzana et al. (2019). Elaboración propia.



6. La viabilidad social de las explotaciones

En el trabajo colaborativo realizado por Flores-Calvete *et al.*⁴⁹ en Galicia y en la cornisa cantábrica, ya citado anteriormente, se indica que el número de personas que vivían en ese momento en las granjas de leche ascendía a 59.000 personas, de las que 23.600 trabajaban exclusivamente en la explotación, mientras que 18.800 solo ayudaban, lo que muestra la importancia del sector en la fijación de la población en el medio rural. A pesar de tratarse de datos relativamente recientes, recogidos en 2014, sería recomendable una actualización, ya que el número de explotaciones que desaparecieron desde 2016 hasta 2020 fue de 2.898 (-21,6 %), aunque la producción aumentó en un 4,5 %⁵⁰.

Acerca de la tipología de las granjas que abandonaron la producción, en un estudio de los cierres registrados en 2017 en Galicia⁵¹, de los 719 NIF que dejaron de entregar leche: un 37 % de las explotaciones continuaban pero con otro NIF, un 46 % seguía con otra producción de vacuno (carne, mixta o leche sin entrega a industria) y un 17 % había abandonado definitivamente la actividad ganadera (en este último caso, un 40 % tenía edad de jubilación). En cuanto al tamaño de las granjas, el 97,6 % de las explotaciones que cambiaron de producción y el 100 % de las que abandonaron tenían una producción inferior a 300.000 t/año (el 81,9 % y el 74,4 %, respectivamente, inferiores a 100.000 t). Estos datos coinciden con las intenciones expuestas en el trabajo realizado en Galicia y en la cornisa cantábrica en 2014⁵², ya que las explotaciones de los estratos de producción inferiores (< 25 t y 25-75 t) mostraban un porcentaje bajo de querer continuar (39,3 % y 55,7 %, respectivamente), mientras que más de un 87 % de las de mayor tamaño indicaban su deseo de seguir.

Un aspecto clave en el futuro de las explotaciones es la edad de los titulares, en 2014, la edad media en las explotaciones de particulares era de 50,8 años, descendiendo a los 47,4 años en el caso de las asociativas⁵³. También es importante la forma jurídica de las granjas, ya que su adaptación a la realidad empresarial va a facilitar la futura sucesión o transmisión, a la vez que se separa el patrimonio personal del de la explotación. En el citado estudio colaborativo, un 83,6 % eran de titularidad individual (un 43,5 % hombres y un 40,1 % mujeres) y un 16,3 % de una persona jurídica. Esta situación va evolucionando en los últimos años hacia un menor porcentaje de titularidad individual⁵⁴.

Igualmente, la formación de las personas titulares es clave en el devenir de las explotaciones. En el caso de las de titularidad individual, solo el 12,3 % tenían formación profesional (FP), el 7,7 % bachiller y el 2,1 % estudios universitarios. Estos porcentajes aumentaban en el caso de las explotaciones asociativas, el 23,7 % tenía FP, el 19,4 % bachiller y el 9,1 % estudios universitarios⁵⁵. Esta situación no mejoró demasiado en los últimos años, pues en una encuesta realizada a 367 explotaciones

• • • • • • • • • •

⁴⁹ FLORES-CALVETE *et al.* (2017).

⁵⁰ MAPA (2020b).

⁵¹ BOTANA *et al.* (2020).

⁵² FLORES-CALVETE *et al.* (2017).

⁵³ FLORES-CALVETE *et al.* (2017).

⁵⁴ BOTANA *et al.* (2020).

⁵⁵ FLORES-CALVETE *et al.* (2017).



gallegas⁵⁶, el 41 % de los participantes declaró tener estudios primarios, un 25 % secundaria, un 20 % FP y un 4 % estudios universitarios.

Ligado a la viabilidad social del sector lácteo a medio-largo plazo se encuentra el debate existente acerca de la competencia entre animales y humanos por los recursos alimenticios disponibles. En el trabajo realizado por Flores *et al.*⁵⁷, a partir de los datos de 316 explotaciones lecheras gallegas, representativas de los diferentes sistemas de producción existentes en Galicia y en la cornisa cantábrica, se estudió la eficiencia de la transformación de la dieta animal en alimento de alto valor biológico para la alimentación humana, referido a la proteína. De media, el 80 % de la materia seca consumida por las vacas de leche de Galicia procedía de recursos alimenticios que no compiten con la alimentación humana, oscilando este valor entre el 66 % en los sistemas intensivos y el 85 % en los más extensivos. Además, utilizaban de media 0,75 kg de proteína potencialmente consumible por los humanos procedente del alimento, con valores que iban desde 0,58 kg en los sistemas basados en hierba hasta algo menos de 0,9 kg en los sistemas intensivos basados en maíz, para producir 1,0 kg de proteína de alto valor biológico en la leche, lo que ilustra acerca del valioso aporte de los sistemas de producción de leche de vaca, en particular los basados en hierba, al suministro alimentario global.

7. Los servicios ecosistémicos

La sostenibilidad de una explotación puede ser medida en función del grado de autoabastecimiento o de la dependencia de insumos externos como fertilizantes químicos, concentrados, energía, agua subterránea o de «tierra importada». Pero también en externalidades negativas como puede ser la contaminación del agua o de la atmósfera, o en las externalidades positivas como la biodiversidad, el mantenimiento del paisaje y la cultura rural, la capacidad de evitar incendios, el mantenimiento de la población y la economía rural, etc.

El concepto de servicios de los ecosistemas se popularizó en 2005 con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio⁵⁸ en los que se distinguen cuatro familias: 1) de apoyo, 2) de aprovisionamiento, 3) de regulación y 4) culturales. El paisaje agrario tradicional provee servicios ecosistémicos que no han sido todavía entendidos ni valorados⁵⁹ y que se han venido deteriorando por el abandono de la actividad agraria, entre otras amenazas.

La configuración en mosaico del paisaje, caracterizado por la presencia de pequeñas parcelas irregulares vinculadas al minifundio, donde se intercalan setos, árboles, muros de piedra, vegetación de ribera, bancales, zonas de matorral, bosquetes, bosques, etc. con la superficie agraria, tiene un gran valor ecológico para la fauna y flora (biodiversidad)⁶⁰ relacionado con el control de la erosión, regulación del ciclo hidrológico, filtración de nutrientes y calidad del agua. Por lo tanto, no tiene sentido que todos estos elementos característicos del paisaje de la España húmeda no hayan sido

⁵⁶ BOTANA *et al.* (2020).

⁵⁷ FLORES *et al.* (2019).

⁵⁸ REID *et al.* (2005).

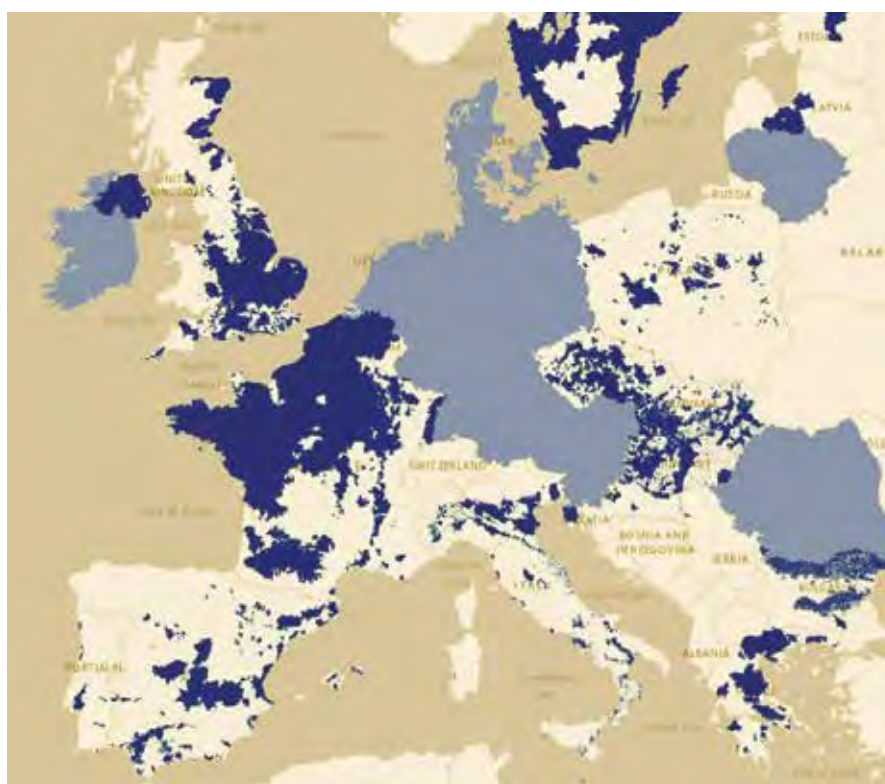
⁵⁹ CARREIRA y CARRAL (2014).

⁶⁰ CABANA (2016).

elegidos como superficies de elevado valor ecológico (SIES) en el diseño de la PAC actual española, cuando sí se podrían elegir según el reglamento europeo.

Un ejemplo claro del valor ecosistémico de este paisaje se puede ver en la Figura 1, donde se observa que Galicia es la única región (NUT 2) entre las 10 primeras productoras de leche de vaca de Europa que no tiene zonas vulnerables por contaminación por nitratos, y que la cornisa cantábrica y el norte de Castilla León, donde se concentra la producción de leche y carne de vacuno, es la parte del Estado donde hay menos problemas por contaminación de nitratos.

Figura 1.
Zonas declaradas vulnerables por contaminación de nitratos en Europa



Fuente: <https://water.jrc.ec.europa.eu/portal/apps/webappviewer/index.html?id=d651ecd9f5774080aad738958906b51b>.

El cambio climático, a diferencia de otros problemas como la contaminación por nitratos, es un problema global, que no se puede resolver sin tener en cuenta el impacto ecológico directo o indirecto de los insumos externos que importamos sobre el planeta como, por ejemplo, la tierra necesaria para producir los piensos importados, la deforestación de bosques tropicales para producir soja, el consumo de agua, el fósforo, la energía fósil (fabricación de fertilizantes), etc.

En los sistemas intensivos de producción de leche, grandes cantidades de recursos, generalmente importados, conducen a una «externalización» de las emisiones de GEI a otras zonas del planeta; mientras que los sistemas basados en el aprovechamiento de recursos propios del territorio se ven



penalizados debido a un menor rendimiento lechero por vaca y a las mayores emisiones de CH₄, debidas a la mayor proporción de consumo de forrajes en la dieta⁶¹.

Las explotaciones de Galicia y de la cornisa cantábrica, además de la SAU, custodian en total unas 43.400 ha de superficie forestal que contribuyen a fijar CO₂ y de las que el 84,4 % corresponden a Galicia⁶². En su conjunto el paisaje rural del norte, debido a la gran proporción de superficie forestal sobre el total del territorio, es un claro sumidero de CO₂.

8. Conclusiones

En Galicia y en la cornisa cantábrica (Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra), el modelo de producción de leche se basa en explotaciones de carácter familiar, ligadas a la tierra y a la producción de forrajes. La producción de leche representa el 58,6 % de la leche de vaca producida en España, lo que la convierte en la actividad agraria más importante de la zona, siendo imprescindible para la vertebración económica, social y territorial.

El sistema de producción de leche de vacuno de Galicia y de la cornisa cantábrica debe tender hacia la búsqueda de la sostenibilidad, conjugando la competitividad económica y las buenas prácticas que minimicen el impacto de las actividades agrarias sobre la calidad de los recursos naturales, obteniendo una leche con mayores garantías para la salud y adaptándose a la demanda social y a las normativas de la UE.

Se identifican cinco grupos de dietas típicas, diferenciadas fundamentalmente por el tipo de forraje mayoritario entre los ingredientes: a) dieta de ensilado de hierba, b) dieta de ensilado de maíz, c) dieta con importancia semejante de ensilados de hierba y de maíz, d) dieta de hierba fresca y e) dieta de forrajes secos. Las granjas que basan la alimentación en el ensilado de maíz gestionan el 53,3 % de la SAU y son responsables del 68,3 % de la producción de leche total, mientras que dichos valores para las explotaciones de los grupos de ensilado de hierba, de hierba fresca y de forrajes secos fueron, respectivamente, del 15,3 %, 12,2 % y 4,2 % de la leche producida y del 21,8 %, 17,9 % y 7,0 % del total de la SAU, mostrando la preponderancia de los modelos de producción considerados más intensivos, pero que mantienen una elevada dependencia de la base forrajera de la explotación. El aprovechamiento de la tierra para la producción de forrajes de alta calidad, incrementado con rotaciones de maíz/cultivo de invierno, pero limitado por las dificultades de ampliación de la base territorial, y su adecuada integración en las raciones de las vacas de leche constituye un elemento clave de la sostenibilidad de las explotaciones.

Las deyecciones generadas por el ganado –purines, principalmente– y los estiércoles se aplican en los cultivos forrajeros de la explotación. Cultivar los alimentos forrajeros para el ganado y reciclar los nutrientes y la materia orgánica excretada por los animales es una forma eficiente de producción sostenible y de economía circular ligada al territorio. La principal limitación que nos encontramos

• • • • •
⁶¹ LORENZ *et al.* (2019).

⁶² FLORES *et al.* (2017).



para la correcta gestión del purín es la falta de capacidad de almacenamiento de la fosa, lo que hace que parte de ese purín sea utilizado en momentos en que el cultivo no lo necesita o cuando las condiciones edafoclimáticas no son las adecuadas.

Desde el punto de vista ambiental habría que hacer un esfuerzo en la mejora de la eficiencia en el uso del N a escala de explotación, sobre todo, en los sistemas más intensivos, y en la reducción de la huella de C con medidas encaminadas a la reducción de los fertilizantes minerales nitrogenados, al ajuste de la proteína bruta de la ración a las necesidades de los animales y a la disminución en el consumo de concentrados mediante el uso de forrajes propios, con rotaciones que incorporen cultivos de leguminosas y/o fuentes de proteína más cercanas a las explotaciones, reduciendo así el consumo de soja.

En cuanto al análisis de la viabilidad económica de las explotaciones se detecta una falta de datos públicos representativos, tanto a escala estatal como autonómica, que nos permitan ofrecer una visión acorde a la realidad. Esta carencia de información fiable y representativa de los valores económicos es una deficiencia importante del sector lácteo español, que debería ser corregida a corto plazo por las administraciones públicas. No obstante, de los estudios analizados parece derivarse que las explotaciones ecológicas poseen mejores índices económicos en términos de margen neto por litro de leche comparados con las que siguen un modelo de alimentación basado en silos con los animales estabulados. La viabilidad de las de mayor tamaño son más dependientes de las ayudas públicas y más sensibles a los incrementos de costes de producción.

En cuanto al análisis de viabilidad social se demuestra la importancia del sector en la fijación de la población en el medio rural y en la dificultad de permanencia de las explotaciones de los estratos de producción inferiores a 75 toneladas de leche anuales. En lo referente a la forma jurídica de las explotaciones se evoluciona lentamente hacia un mayor porcentaje como persona jurídica, hecho que facilitaría la adaptación a una realidad empresarial y la futura sucesión o transmisión. Sería deseable mayor nivel de formación. Ligado a la viabilidad a medio-largo plazo cabe destacar que el modelo de producción no presenta una competencia con los recursos alimenticios disponibles para los humanos y especialmente los basados en hierba son un valioso aporte al suministro alimentario global.

El sistema de producción de leche de Galicia y de la cornisa cantábrica brinda servicios ecosistémicos, por el modelo de paisaje en mosaico, donde se intercalan con la superficie agraria setos, árboles, muros de piedra, vegetación de ribera, bancales, zonas de matorral, bosquetes, bosques etc., lo que otorga un gran valor ecológico para la biodiversidad de la fauna y flora, y ofrece control de la erosión, regulación del ciclo hidrológico, filtración de nutrientes y protección de la calidad del agua.

Referencias bibliográficas

BÁEZ-BERNAL, M. D.; GARCÍA-POMAR, M. I.; CASTRO-INSUA, J. F.; LOURO-LÓPEZ, A.; GILSANZ-REY, C.; GARCÍA-SOUTO, V. y SANTIAGO-ANDIÓN, C. (2021): «Rotaciones de maíz con cultivos de invierno: producciones de los cultivos independientes y efectos en la rotación»; en *Vaca Pinta* (23); pp. 140-151.



BÁEZ, D.; CASTRO, J.; LOURO, A. y GARCÍA, M.I. (2010): «Valoración agronómica e ambiental do emprego de xurros en praderías»; en *Cooperación Galega—Caderno de Divulgación Técnica* (99); pp. 1-15.

BÁEZ, D.; GARCÍA, M. I.; CASTRO, J.; VÁZQUEZ, D.; GILSANZ, C. y SANTIAGO, C. (2019): «Efectos de la fertilización con purín de vacuno y mineral a largo plazo en la acumulación de carbono y propiedades químicas del suelo en praderas»; en MOSQUERA, M. R.; RIGUEIRO, A. y FERREIRO, N., eds.: *Los sistemas agroforestales como solución al cambio climático*. Lugo, REMEDIA-USC; pp. 11.

BÁEZ, D.; GARCÍA, M. I.; LOURO, A.; GILSANZ, C. y CASTRO, J. (2014): «Fertilización de praderas con purines: efectos a largo plazo»; en *Afriga* (114); pp. 119-128.

BAIZÁN-GONZÁLEZ, S. (2019): «Diversificación de cultivos forrajeros para la alimentación del vacuno lechero en la cornisa cantábrica»; Tesis doctoral; pp. 217. España, Oviedo. Universidad de Oviedo.

BARBEYTO, F. (2003): «El programa de gestión de vacuno de leche en Galicia: del manejo técnico a los resultados económicos»; en Seminario de la Asociación Española de Economía Agraria (AEEA- IDEGA).

BOTANA, A.; VALLADARES, J.; PEREIRA-CRESPO, S.; DÍAZ, N.; RESCH, C.; FERNÁNDEZ-LORENZO, B.; DAGNAC, T.; VEIGA, M. y FLORES-CALVETE, G. (2016): «Las mezclas de leguminosas anuales pueden mejorar la productividad de la rotación raigrás italiano-maíz forrajero»; en BÁEZ, D.; CAMPO, L.; PEREIRA, S.; BANDE, M. J. y LÓPEZ, J. E., eds.: *Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*. A Coruña, Lugo. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos; pp. 81-86.

BOTANA-FERNÁNDEZ, A. (2019): «Estudio de los sistemas de alimentación en explotaciones de vacuno de Galicia efecto de la composición de la dieta sobre el perfil de ácidos grasos y antioxidantes liposolubles de la leche»; Tesis doctoral; pp. 224. España. Universidad de Santiago de Compostela.

BOTANA, A.; SUÁREZ, B.; RESCH, C.; RIBAS, A.; LÓPEZ, E.; SÁNCHEZ, A.; PEÓN, D.; RUIZ, F. y LÓPEZ, E. (2020): *Estratexia de dinamización do sector lácteo galego*. España, A Coruña. Fundación Juana de Vega y Xunta de Galicia.

CABANA, M. (2016): Guía para a conservación de biodiversidade agraria de Galicia. España, A Coruña. Xunta de Galicia, Consellería de Medio Rural.

CAMPO GALEGO (2015): *Crean un programa para formular fertilizantes para cada parcela*; en https://www.campogalego.es/crean_programa_fertilizantes_a_nivel_de_parcela/.

CARREIRA, X. C. y CARRAL, E. V. (2014): *O pequeno é grande: a agricultura familiar como alternativa: o caso galego*. España, Santiago de Compostela. A través das Ideias.

CASTRO, J. (2020): «El abonado en las granjas de vacuno de leche gallegas con purín: un modelo tradicional de economía circular»; en *Vaca Pinta* (21); pp. 128-140.



CASTRO, J.; GARCÍA, M. I. y BÁEZ, D. (2016): «Dimensionamiento de fosas de purín para optimizar su valor fertilizante en explotaciones de vacuno de leche gallegas»; en BÁEZ, D.; CAMPO, L.; PEREIRA, S.; BANDE, M. J. y LÓPEZ, J. E., eds.: *Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*. A Coruña, Lugo. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos; pp. 311-317.

CORTÉS, A.; FEIJÓ, G.; FERNÁNDEZ, M. y MOREIRA, M. T. (2021): «Pursuing the route to eco-efficiency in dairy production: The case of Galician área»; en *Journal of Cleaner Production* (285).

DEL HIERRO, O.; ARTETXE, A. y PINTO, M. (2007): «Proyecto Green Dairy: balances de N-P y márgenes económicos a nivel de explotación»; en *Los sistemas forrajeros: Entre la producción y el paisaje*. Vitoria, España, Sociedad Española para el Estudio de los Pastos; pp. 349-355.

DEL PRADO, A.; MAS, K.; PARDO, G. y GALLEJONES, P. (2013): «Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain»; en *Science of the Total Environment* (465); pp. 156-165.

DEL AGRO y CIAM (2012): *Informe proyecto FEADER 2010/12: PROFER- Proyecto para la obtención de fórmulas fertilizantes racionales y sostenibles destinadas a los cultivos de maíz y praderas en Galicia*.

DOLTRA, J.; VILLAR, A.; MOROS, R.; SALCEDO, G.; HUTCHINGS, N. J. y DRISTENSEN, I. S. (2018): «Forage management to improve on-farm feed production, nitrogen fluxes and greenhouse gas emissions from dairy systems in a wet temperate region»; en *Agricultural Systems* (160); pp. 70-78.

EGUINO, P.; ELIZAINZIN, G.; IRIARTE, J.C.; MUJICA, I. y MUNÁRRIZ C. (2017): «Desarrollo de una herramienta para el análisis de la sostenibilidad en explotaciones de vacuno de leche»; en *Navarra Agraria* (222); pp. 18-25.

FLORES, G.; DÍAZ, N.; VALLADARES, J.; FERNÁNDEZ, B.; GONZÁLEZ, A.; BANDE, M.J.; PEREIRA, S.; RESCH, C.; RODRÍGUEZ, X. y PIÑEIRO J., (2011): «Leguminosas anuales en asociación con raigrás italiano como cultivo invernal en las rotaciones intensivas»; en *Afriga* (94); pp. 86-98.

FLORES, G.; BOTANA, A.; VEIGA, M.; PEREIRA, S.; RESCH, C. y LORENZANA, R. (2019): «Eficiencia alimentaria en explotaciones de leche de vaca de Galicia»; en *XII Congreso de la asociación española de economía agraria. La sostenibilidad agro-territorial desde la Europa Atlántica*. Lugo, Asociación Española de Economía Agraria; pp. 225-228.

FLORES-CALVETE, G. (2016): «Leguminosas anuales para la producción de leche en Galicia»; en BÁEZ, D.; CAMPO, L.; PEREIRA, S.; BANDE, M. J. y LÓPEZ, J. E., eds.: *Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*. A Coruña, Lugo. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos; pp. 217-219.

FLORES-CALVETE, G.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DOLTRA, J.; GARCÍA, A. y EGUINO, P. (2017): *Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, cornisa cantábrica y Navarra*. Informe del Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>.



GARCÍA, M. I.; BÁEZ, D.; CASTRO, J. y LOURO, A. (2012): «Ajuste de las recomendaciones de fertilización en el maíz forrajero para las condiciones gallegas»; en *Afriga* (97); pp. 130-136.

GARCÍA, M. I.; BÁEZ, D. y CASTRO, J. (2014): «Recomendaciones de encalado en los cultivos forrajeros»; en *Afriga* (114); pp. 106-114.

GARCÍA, M. I.; BÁEZ, D. y CASTRO, J. (2018): «The online support-tool RAX: Fertilization recommendation with slurry in grasses and forage crops»; en 20th Nitrogen Workshop-Side Event: Nutrient Management & Decision-Support Systems. Rennes. Francia, INRA; pp. 44-45.

GARCÍA, M. I.; BÁEZ, D. y SANTIAGO, C. (2020): «Nitrogen and phosphorus balances in dairy cattle feeding systems in the north-west of Spain»; en *Grassland Science in Europe* (25); pp.73-75.

GARCÍA, M. I.; BÁEZ, D.; CASTRO, J. y GILSANZ, C. (2015): «La aplicación web RAX de recomendación de abonado con purín en el maíz forrajero. Utilización de métodos rápidos de análisis de purín»; en *Afriga* (114); pp. 106-114.

GARCÍA, M. I.; BÁEZ, D.; CASTRO, J.; GILSANZ, C. y GARCÍA, V. (2017): «Las aplicaciones web RAX de recomendación de abonado con purín en las praderas»; en *Afriga* (126); pp. 106-116.

GARCÍA, M. I.; CASTRO, J.; NOVOA, R.; BÁEZ, D. y LÓPEZ, J. (2007): «Improving Nitrogen Mineral Balance and Conversion Rate in Dairy Farms in Galicia (Spain)»; en BOSH *et al.*, eds.: *Towards a better efficiency in N use*. España, Lleida. Editorial Milenio; pp. 136.

IRAÑETA, J.; CORDOVÍN, L. y ABAIGAR, A. (2010): «Herramienta de cálculo del valor fertilizante de los residuos ganaderos»; en *Navarra Agraria* (183); pp. 36-40.

JIMÉNEZ-CALDERÓN, J. D. (2017): «Producción sostenible de la leche de vaca mediante pastoreo y cultivos forrajeros obtenidos con fertilización orgánica»; Tesis doctoral; pp. 235. España. Universidad de Zaragoza.

JIMÉNEZ-CALDERÓN, J. D.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A.; PRÓSPERO-BERNAL, F.; VELARDE GUILLEN, J.; ARRIAGA JORDAN, C. M. y VICENTE, V. (2018): «Using manure as fertilizer for maize could improve sustainability of milk production»; en *Spanish Journal of Agricultural Research* 16(1); pp. 9.

LÓPEZ-IGLESIAS, E. (2002): «A vixencia das políticas de reforma das estruturas agrarias: Reflexions para o caso galego»; en *Cooperación Galega* (57).

LÓPEZ-IGLESIAS, E. (2015): *O complexo lácteo galego nun mercado liberalizado. Estratexias e políticas ante a desaparición do sistema de cotas na UE*. Foro económico de Galicia, Documento 13/2015.

LÓPEZ-IGLESIAS, E.; SINEIRO-GARCÍA, F. y LORENZANA, R. (2013): «Processes of farmland abandonment: land use change and structural adjustment in Galicia (Spain)»; en *Research in Rural Sociology and Development* (19); pp. 91-120.



LORENZ, H.; REINSCH, T.; HESS, S. y TAUBE, F. (2019): «Is low-input dairy farming more climate friendly? A meta-analysis of the carbon footprints of different production systems»; en *J. Clean. Prod.* (211); pp. 161-170.

LORENZANA, R.; BOTANA, A.; VEIGA, M.; PEREIRA, S.; RESCH, C.; POULIQUEN, Y. y FLORES, G. (2019): «Índices técnico-económicos de una muestra de explotaciones de leche de vaca de Galicia con diferente intensificación productiva»; en *XII Congreso de la asociación española de economía agraria. La sostenibilidad agro-territorial desde la Europa Atlántica*. Lugo, Asociación Española de Economía Agraria; pp. 242-245.

MANGADO, J. M. (2016): «Desarrollo sostenible. Gestión de estiércoles y purines ganaderos. Secuestro de carbono y economía circular»; en *Navarra Agraria* (218); pp. 41-48.

MAPA (2019): *Proyecto de Real Decreto por el que se establece la normativa básica de ordenación de las granjas de ganado bovino*; https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/participacion-publica/consultapreviardiordenacionbovina_tcm30-502616.pdf.

MAPA (2020a): *Anuario de estadística 2019*. España, Madrid. Secretaría General Técnica.

MAPA (2020b): *Estructura del sector vacuno lechero en España 2016-2020*. España, Madrid. Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios.

MAPA (2020c): *Proyecto de Real Decreto por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios*; en https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/participacion-publica/rdnutricionsostenible_tcm30-543896.pdf.

PAZ-FERREIRO, J.; BÁEZ, D.; CASTRO, J. y GARCÍA, M. I. (2008): «Effect of different amendments in soil microbial biomass in a grassland soil»; en *Luminescence* (23); pp. 191-280.

QUEMADA, M.; LASSALETTA, L.; JENSEN, L. S.; GODINOT, O.; BRENTROP, F.; BUCKLEY, C.; FORAY, S.; HVID, S. K.; OENEMA, J.; RICHARDS, K. G. y OENEMA, O. (2020): «Exploring nitrogen indicators of farm performance among farm types across several European case studies»; en *Agricultural Systems* (177); pp. 11-14.

RAISON, C.; PFLIMLIN, A. y LE GALL, A. (2006): «Optimisation of environmental practices in a network of dairy farms of the Atlantic Area»; en JARVIS, S. y PFLIMLIN, A., eds.: *Proceedings of the final Seminar of Green Dairy Project: Interreg Atlantica Area III B N°100*. Francia, Rennes. Institut de l'Élevage; pp. 43-65.

REID, W. V. et al. (2005): *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe de Síntesis*.

RODRÍGUEZ, J. A.; LÓPEZ, M. y GRAU, J. M. (2009): *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de los suelos agrícolas y pastos de España*. España, Madrid. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



SALCEDO, G. (2020): «Fuentes de variación en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas lecheros de la España húmeda»; en *Vaca Pinta* (17); pp. 130-145.

SALCEDO, G. (2011): *Minimización y aprovechamiento del purín en origen de las explotaciones lecheras de Cantabria*. Gobierno de Cantabria, Consejería de Medio Ambiente, Centro de Investigación del Medio Ambiente.

SALCEDO, G. y SALCEDO-RODRÍGUEZ, D. (2021): «Valoración holística de la sostenibilidad en los sistemas lecheros de la España húmeda». ITEA. En prensa.

SALCEDO, G.; BÁEZ, M. D.; GARCÍA, M. I.; CASTRO, J. y SANTIAGO C. (2019): «Emisiones y huella de carbono en las explotaciones lecheras de Galicia»; en *Vaca Pinta* (14); pp. 150-161.

SALCEDO, G.; JIMÉNEZ-CALDERÓN, J. D.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; BAIZÁN, S. y VICENTE, F. (2019): «Huella de carbono en las explotaciones lecheras asturianas»; en *Vaca Pinta* (13); pp. 130-144.

SINEIRO, F.; LORENZANA, R. y VÁZQUEZ, I. (2012): «Situación actual y cambios previstos en la estructura y en el sistema productivo de las explotaciones de leche en Galicia»; en *Pastos* (42-1); pp. 67-92.

THE GLOBAL DAIRY AGENDA FOR ACTION (2015): *Dairy Sustainability Framework. Estrategia colaborativa para la sustentabilidad en cadena lechera global*; en <https://dairysustainabilityframework.org/wp-content/uploads/2015/07/GDAA-DSF-Spanish-version-2015.pdf>.

VEIGA-LÓPEZ, M. (2019): «Leguminosas pratenses en sistemas de baixo input en Galicia: efecto sobre a produción e o perfil de ácidos graxos do leite»; Tesis doctoral; pp. 222. España. Universidad de Santiago de Compostela.



La sostenibilidad en la ganadería española Un ejemplo de economía circular en ovino de leche

M.^a Paz Lavín González y Ángel Ruiz Mantecón
IGM-CSIC-ULE (León)

José María Bello Drona
NANTA SA

Teresa Manso Alonso
Universidad de Valladolid

Resumen / Abstract

El alto potencial de circularidad alimentaria del ovino de leche que permite dar un nuevo valor a residuos y subproductos agroindustriales no destinados al consumo humano es una fortaleza del sector ante el reto de economía circular marcado por la Unión Europea. Además, la eficiencia y reducción en el uso de recursos no renovables y la reutilización y reciclado de los residuos o subproductos generados (estiércol, lana, suero de leche, etc.) ofrece alternativas de revalorización y nuevas oportunidades de negocio para las zonas rurales, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

The high potential of milk sheep production sector to provide a new value to agro-industrial waste and by-products not intended for human consumption, is a strength of the sector in the face of the challenge of Circular Economy set by the European Union. In addition, the efficiency and reduction in the use of non-renewable resources and the reuse and recycling of waste or by-products generated (manure, wool, whey, etc.), offers alternatives for revaluation and new business opportunities for rural areas which contributes to environmental sustainability.



1. Cerrar el círculo: una prioridad internacional

Reducir, reutilizar y reciclar son los cimientos de la economía circular (EC), un modelo económico liderado por la Unión Europea (UE), que afecta a todos los sectores productivos, incluido el sector ovino, y que implica un cambio de mentalidad de la sociedad para poner fin a la corriente de «usar y tirar» en el que estamos inmersos, adquiriendo hábitos responsables, según los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tanto en el consumo como en los modos de producción (ODS 12).

Las implicaciones directas en la lucha contra el cambio climático para reducir las emisiones con efecto invernadero (GEI), alcanzará la neutralidad climática antes de 2050 y los ODS hacen de la EC una prioridad internacional. Así, el constatado agotamiento de materias primas causado por un consumo de recursos mayor de lo que la naturaleza puede gestionar y la manifiesta contaminación del agua, de la tierra y del aire pasan a ser valorados socialmente por su importancia real como bienes finitos e indispensables para la vida. En este sentido, el futuro de la economía solo tiene la alternativa de ser circular bajo un paraguas de desarrollo sostenible, entendiendo este como el que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de cubrir las suyas en todos los niveles considerados (económico, ambiental y social).

Además, dadas las previsiones de crecimiento en la población y en la demanda de alimentos, los organismos internacionales reclaman con urgencia poner freno al desperdicio de alimentos, aspecto donde el ganado ovino, dado su alto grado potencial de circularidad alimentaria, supone un aliado importante y donde los residuos y subproductos generados por el sector presentan importantes alternativas de revalorización y nuevas oportunidades de negocio.

En el sector ovino, la aplicación de la EC a los recursos biológicos renovables (bioeconomía) implica utilizar los recursos procedentes de la tierra y el mar (plantas, algas, microorganismos, subproductos orgánicos y animales) para obtener productos con valor añadido (alimentos, energía, materiales o servicios), minimizando las fugas y recirculándolos en la producción. Cerrar el círculo supone un rediseño de todos los procesos de producción para optimizar la utilización de recursos renovables con una mirada atrás a los sistemas tradicionales como fuente de inspiración y una importante dosis de investigación, tecnología e innovación, no falta de inversión, donde el residuo o subproducto generado adquiere un papel protagonista (reutilizado o reciclado) como materia prima, dejando el valor añadido de su transformación en la zona de producción, contribuyendo al desarrollo rural y donde la eficiencia en la producción y en el uso de recursos (reducción), considerando los impactos ambientales, es la base para completar el proceso de circularidad.

2. Diversidad de sistemas de producción y de circularidad

Dada la gran diversidad de sistemas de producción de ovino que conviven en España, el mosaico existente de condiciones de producción y de gestión de sus residuos y subproductos cubre un amplio abanico de circularidad. En este sentido, encontramos desde sistemas con una implicación directa en el concepto de EC por la baja dependencia de alimentos e insumos de fuera de la explotación y



por el reciclaje directo del estiércol (manejados en condiciones de pastoreo o que se autoabastecen de sus cultivos, razas autóctonas y orientación cárnica o mixta leche-carne) hasta una corriente mayoritaria de ganaderías que han optado por prácticas más acordes con los modos de vida modernos, abandonando la dependencia permanente de la mano de obra que supone el pastoreo, en busca de una mayor producción individual de sus animales (introducción de razas foráneas, aumento del tamaño, estabulación permanente, dependencia de alimentos comprados y de insumos externos en general y contratación de personal fuera de la unidad familiar), como resultado de la adaptación del sector para mantenerse competitivo y cumplir las exigencias de la legislación, profesionalizando su actividad con un avance importante de modernización y tecnificación, en granjas orientadas a un único fin productivo, la leche, que alcanza más del 80 % de los ingresos de la explotación y donde los corderos suponen, en muchos casos, una producción secundaria.

La reestructuración iniciada en décadas pasadas parece no tener fin, desapareciendo en la última década el 40,6 % de las ganaderías de ovino de leche y el 26,4 % del censo, conviviendo en la actualidad una gran variedad de sistemas de producción con distinto grado de intensificación y proliferando las ganaderías que superan las 1.000 ovejas, con un total de 2,2 millones de reproductoras de ordeño distribuidas en 6.613 ganaderías de leche y una producción anual de 542,9 millones de litros de leche (media de 251 litros/oveja), destinados a la elaboración de 70.000 toneladas de queso puro de oveja y participando en 135.000 toneladas de queso de mezcla¹.

El Pacto Verde Europeo² persigue alcanzar una EC, así la Estrategia 'De la Granja a la Mesa' tiene entre sus objetivos la reducción del impacto medioambiental de la producción agrícola y ganadera, con metas concretas para el 2030 como la de reducir las pérdidas de nutrientes del suelo en un 50 % como mínimo, el uso de fertilizantes en un 20 %, el uso de antibióticos en animales y de pesticidas en agricultura en un 50 % y lograr un 25 % de las tierras agrícolas destinadas a la agricultura ecológica, y al mismo tiempo garantizar los medios de vida a todos los operadores de la cadena de suministro de alimentos.

En el contexto indicado, cumplir con los objetivos marcados de la UE en EC supone la correcta gestión de los subproductos y residuos. Un reto tan complejo que requiere de la participación de todas las partes implicadas en el sector (ganadería, cooperativas, técnicos, investigadores, empresas transformadoras y distribuidoras) y la implicación directa de la Administración para evitar que la transición a una EC sostenible no desencadene en el abandono del sector, sino que actúe como freno a la desaparición de granjas de ovino en la que estamos inmersos³, además de generar nuevas oportunidades de negocio⁴.



¹ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020b).

² COMISIÓN EUROPEA (2020).

³ PEYRAUD *et al.* (2020).

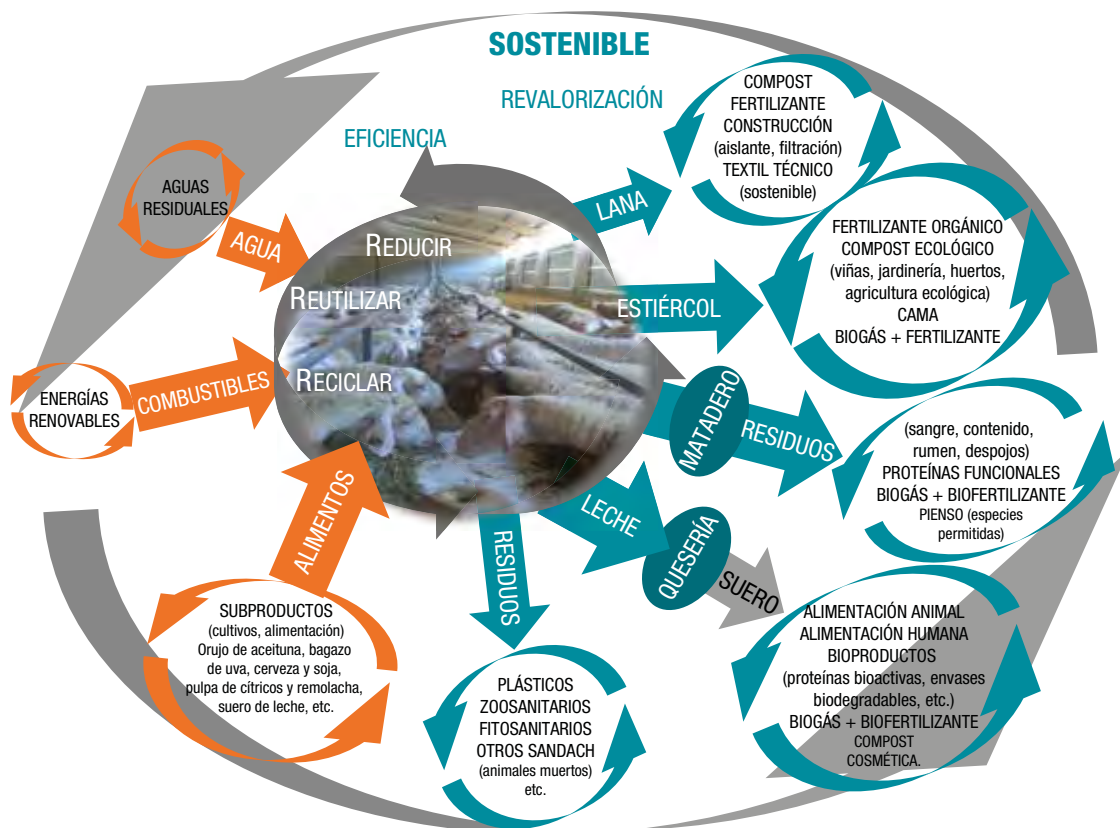
⁴ RED EUROPEA DE DESARROLLO RURAL (2019).



3. Esquema de economía circular en el ganado ovino de leche

Abordar la circularidad en la ganadería de ovino requiere un primer paso donde identificar las principales entradas y salidas de recursos que se producen en el sistema productivo. En este sentido, en las entradas nos encontramos con los alimentos del ganado, los combustibles y el agua, mientras que en las salidas, además de los productos con valor en el mercado actual como la leche, la carne y los derivados lácteos (queso, cuajada, etc.), se generan productos como el estiércol y la lana –con un valor variable dependiendo de la localización y las características de la granja– y los subproductos como el suero de leche originado en las explotaciones que elaboran queso o los gestionados por los mataderos (piel, sangre y otros despojos). Así mismo, también se generan residuos como los plásticos, los zoonosanitarios y fitosanitarios, el cartón y otros subproductos de origen animal no destinados al consumo humano (SANDACH), entre los más destacados (ver Figura 1).

Figura 1. Esquema de circularidad en el ganado ovino de leche



Fuente: Elaboración propia.



Una vez identificados los flujos de recursos implicados, su cuantificación tanto del volumen incorporado al sistema como del generado como subproductos y residuos de la granja es una información valiosa para calcular su potencial de transformación en el conjunto del sector ovino de leche y, con ello, sus posibles alternativas de gestión, utilización y revalorización (Tabla 1).

Tabla 1.
Estimación del consumo de recursos y producción de subproductos por oveja de leche/año (datos medios)

Consumo/oveja de ordeño adulta		Producción/oveja de ordeño adulta	
Alimentos	450 kg MS/año	Estiércol	1.100 (kg/año)
Agua (bebida + ordeño)	3.504 (litros/año)	Lana	2,0 (kg/año), (1,4-2,8)
Electricidad	50 kWh/año	Suero de leche	209 (litros/año)

Fuente: MAPA (2019), Sociedad Agraria de Transformación «Los Francos» (2021), Bodas *et al.* (2013) y Estimaciones propias (considerando un rendimiento quesero de 6:1 y una producción media de 251 litros/oveja año).

4. Plan de eficiencia de recursos y revalorización de residuos y subproductos

En el sector ovino de leche, los subproductos o residuos adecuadamente gestionados, además de resolver el problema de su eliminación, pueden representar una parte importante de los ingresos de la granja, así como una diversificación de la producción, un ahorro y una menor dependencia de insumos externos. Dar un nuevo valor a los residuos y subproductos de alimentos y cosechas no destinados al consumo humano permite abaratar el coste de alimentación (40-67 % de los costes de la granja), así como sustituir o mejorar la eficiencia de los combustibles fósiles (más contaminantes y no renovables) por otros de origen biológico y renovables como la bioenergía. La utilización de los desechos de materia orgánica animal o vegetal (biomasa) para la obtención de energía (biogás) es una alternativa de futuro para uso térmico y eléctrico en las granjas de ovino de leche.

La gestión de los recursos utilizados y de los subproductos y residuos generados precisa de un plan de eficiencia (residuos cero) que, en muchos casos, debido al pequeño tamaño de las granjas, para ser rentable requiere de instalaciones colectivas donde realizar la transformación. La aplicación de las mejores técnicas disponibles (MTD) propuestas por el Ministerio⁵, actualizando, identificando y seleccionando las mejores prácticas agrarias en las ganaderías con su monitoreo y control permitirían avanzar en la circularidad.

• • • • •

⁵ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2017).



4.1. Eficiencia alimentaria de los sistemas de producción

De entre los aspectos más destacados a tener en cuenta en un modelo de circularidad en el ganado ovino es, sin ninguna duda, la alimentación de los animales la que adquiere un papel estelar por su potencial aplicación en procesos de circularidad y por el volumen de biomasa que transforma.

Los alimentos de origen animal suponen un 18 % del total de calorías consumidas a escala global y un 25 % de sus proteínas⁶. La ganadería, en general, ayuda a la obtención de proteínas de alta calidad, así como a determinados micronutrientes que serían muy difíciles de conseguir solo con dietas vegetales⁷. Asimismo, contribuye al mantenimiento de los ecosistemas y a la biodiversidad.

Sin embargo, en el «debe» de la producción animal se encuentran algunas cuestiones objeto de debate permanente como son el uso de materias primas para alimentación del ganado que compiten con la alimentación humana, la utilización de grandes extensiones de tierra para la alimentación animal y la poca eficiencia que algunos de los sistemas ganaderos tienen en cuanto a la conversión de recursos en alimentos para la humanidad. De este modo, la ganadería consume anualmente 6 billones de toneladas de materia seca (MS), de las cuales el 86 % procede de alimentos no utilizables por el hombre. Asimismo, la producción de soja y derivados, paradigma del uso de la tierra para alimentación animal, supone un 4 % del total de alimentos utilizados para animales de producción⁸. Así, el 57 % de la superficie cultivable no es apta para cultivos para consumo humano.

La eficiencia de conversión de MS, energía y proteína en alimentos es bastante más baja en los rumiantes que en los monogástricos (133 kg de MS de alimento para producir 1 kg de proteína en rumiantes, contra 30 en monogástricos). Sin embargo, si tenemos en cuenta la cantidad de alimentos para animales con utilización potencial en humanos, las cifras cambian sustancialmente. Los rumiantes usan solo 5,9 kg de MS de alimento susceptible de ser consumido por el hombre frente a los 15,8 kg en el caso de los monogástricos y en los pequeños rumiantes, las cifras se reducen hasta valores inferiores a 3⁹. Esta realidad, a menudo olvidada y silenciada, nos lleva a concluir que la ganadería, en general, y los rumiantes, en particular, son un claro ejemplo global de eficiencia en la utilización de subproductos y residuos que tendrían un complicado reciclaje en la naturaleza, es decir, un grandioso ejemplo de EC.

4.1.1. La alimentación del ganado es un ejemplo de economía circular

La Federación Española de Nutrición Animal (FEDNA) define los modelos nutricionales para los animales de abasto adaptados a la realidad ibérica. Las tablas de FEDNA¹⁰ son bases de datos de ingredientes para formulación de piensos y alimentación animal, que consta de alrededor de 170 alimentos. De todos ellos, 141 son utilizados exclusivamente por animales y solo 30 son susceptibles de formar parte de dietas humanas. Dentro de estos ingredientes que son usados para alimentación

6 FAOSTAT (2016).

7 RANDOLPH *et al.* (2007).

8 MOTTET *et al.* (2017).

9 MOTTET *et al.* (2017).

10 FEDNA (2019).



humana destacan los granos de cereales, los cereales procesados por calor, algunos productos lácteos y algunas grasas y aceites.

En el caso de los ingredientes utilizados para alimentación animal, que de otra forma serían desechados, ya que no son aptos o no cumplen los estándares para alimentación humana, podríamos considerar los incluidos en los siguientes grupos:

- *Subproductos de cereales:* salvado de arroz (blanco, desengrasado y rico en grasa), granos y solubles (GGGS) de maíz (con diferentes niveles de fibra y grasa), de cebada, de sorgo y de trigo, bagazo de cerveza, gluten de maíz (*corn gluten feed*), harina de gluten de maíz (*corn gluten meal*), harinillas de maíz y de trigo, salvado de trigo (con diferente nivel de almidón), pan rallado, harina de galletas (con diferente valor de cenizas) y raicillas de malta.
- *Frutos y tubérculos:* bellota de encina (entera y decortcada), melazas de caña y de remolacha y vinazas de remolacha azucarera. En este apartado se encuentran también la mandioca y la patata (entera, deshidratada y dulce).
- *Concentrados de proteína vegetal:* subproductos derivados de procesos industriales como la semilla de algodón, harina de extracción del algodón, altramuz australiano, harina de extracción de cacahuete (con diversos tenores en proteína), harinas de extracción de palmiste, copra, girasol, lino, soja, concentrados de proteína de soja, de guisante, de trigo, de patata y de arroz, levadura de cerveza, veza común, haba caballar y guisantes procesados por calor.
- *Alimentos fibrosos:* de difícil digestión para monogástricos y descartados para alimentación humana como la alfalfa (en rama, granulada, deshidratada), mezcla de harina forrajera, cascarillas de algodón, avena, girasol y soja, garrofa (con diferentes grados de humedad), hoja de olivo, pulpa de aceituna, orujo de aceituna, granilla de uva, hollejo o pulpa de uva, orujo de uva, paja de cereales y lentejas, paja tratada, pulpa de cítricos, de manzana y de remolacha.
- *Concentrados de proteína animal:* son las harinas de carne, subproductos de matadero de aves, harinas de pescado, de plumas y de sangre, hemoglobina, plasma animal (también de uso humano), hidrolizados de tejidos y harina de huevo.
- *Productos lácteos:* la mayor parte son subproductos de la industria lechera, que, si bien algunos de ellos, en mayor o menor medida pueden formar parte de dietas para la especie humana, en su mayor proporción se usan para alimentación animal. Son la caseína, leche descremada (desnaturalizada), lactosueros de ovino y vacuno (en sus variedades dulces, reengrasados y delactosados) y el permeato de suero.
- *Grasas y aceites:* algunos de ellos dedicados prácticamente a la alimentación animal. Este grupo lo componen las grasas animales, los aceites y oleínas de origen vegetal, las grasas elaboradas, técnicas o industriales y las lecitinas comerciales.



- *Subproductos fibrosos húmedos*: son la alcachofa (resultante de la manipulación de la industria conservera), el bagazo de cerveza húmedo, las pulpas húmedas de cítricos, manzana, remolacha y tomate, cuellos de remolacha, bagazos de soja y uva, orujo de aceituna y pastone (con y sin zuro).

En el caso de los rumiantes habría que añadir los componentes de su dieta más importantes como son los forrajes, que pueden ser ingeridos en verde, ensilados o henificados, o en paja.

4.1.2. Uso de subproductos en ovino lechero (ingredientes más habituales)

En el ovino, en general, y en el lechero, en particular, dentro de los ingredientes citados más arriba, hay algunos que se emplean de forma más habitual en la propia granja y entre los que destacan los siguientes:

- *Suero de leche*, que es el subproducto resultante de la fabricación del queso, una vez obtenida la cuajada. Contiene lactosa, proteínas (albúminas y globulinas) y cenizas. Puede ser dulce o ácido (según el cuajo utilizado y el tipo de queso). Los ganaderos que producen queso artesano en sus propias explotaciones, lo utilizan para alimentación de sus propias ovejas o de otro tipo de ganado (habitual en porcino). El producto desecado procedente de industrias queseras se denomina lactosuero.
- *Bagazo de cerveza húmedo*, que es el subproducto resultante del proceso de prensado y filtración del mosto de la cebada, tras su macerado. Es un ingrediente rico en proteína y fibra, que se consume generalmente en granja, ya que contiene un alto porcentaje de humedad (75 %).
- *Pulpa de cítricos*, que es el subproducto resultante de la extracción del zumo de los cítricos. Se compone de piel, segmentos del fruto y semillas. Es un ingrediente con un 80 % de humedad, fibroso, poco proteico y de gran palatabilidad. Se puede utilizar fresco o ensilado y también deshidratado para la industria de piensos.
- Pulpa de remolacha, junto con los cuellos de remolacha, que es el subproducto resultante de la extracción del azúcar de la remolacha azucarera. Se puede utilizar en fresco (12 % MS), prensada y ensilada (25 % MS) e incluso deshidratada y peletizada. Contiene una fibra muy digestible y es un alimento muy interesante para los rumiantes, en general.
- *Bagazo de soja (Okara)*, que es el subproducto resultante de la producción del zumo de soja (incorrectamente nombrada leche de soja, aunque más conocida como tal) y del tofu resultante de la fermentación de este zumo. Ingrediente concentrado, alto en proteína y grasa y bajo en fibra, con un 20 % MS.
- *Bagazo de uva*, que es el subproducto obtenido tras la extracción del mosto de la uva para la producción de vino. Con un tenor en torno al 31 % MS, contiene tallos, piel, pulpa, semillas y racimos. Es rico en fibra (celulosa y lignina) y en compuestos fenólicos.



- *Orujo de aceituna*, que es el subproducto resultante de la extracción del aceite de la aceituna. Contiene pulpa, piel y hueso, con alrededor del 38 % MS. Es un ingrediente eminentemente fibroso, de bajo contenido proteico, rico en grasa y en ácido oleico.

En las ganaderías de alta producción de raza Assaf se ha generalizado el uso de carros mezcladores (80 % de las ganaderías, datos propios), lo que facilita el empleo de las materias primas indicadas anteriormente.

4.1.3. Contribución del ovino lechero a la economía circular

Un ejercicio interesante podría ser el cálculo de la contribución de la alimentación de las especies ganaderas a la EC, definida como «el porcentaje de alimento ingerido que no podría ser utilizado por el hombre y que, por lo tanto, contribuye a la EC y a la sostenibilidad global». De este modo, a título ilustrativo y con un enfoque exclusivamente didáctico, se ha realizado una aproximación al cálculo de la contribución del ovino lechero a la EC a partir de diferentes piensos y raciones, utilizados en una explotación tipo de ovejas lecheras en condiciones intensivas. Según un estudio¹¹ realizado a partir de las composiciones de piensos publicadas en las bases zootécnicas para el cálculo del balance de nitrógeno, metano y fósforo¹² y con dietas habituales de la especie, la alimentación del ovino lechero podría contribuir en un 72 % de su composición a la EC. El cálculo se obtiene ponderando dietas según la importancia del número de animales que comen las diferentes raciones y teniendo en cuenta que la ingesta de forrajes solo puede ser consumida por los rumiantes (Tabla 2).

Tabla 2.
Contribución de la composición de la alimentación a la EC en el ovino lechero. En porcentaje

Alimento	Piensos		Dietas		Contribución de la alimentación del ovino lechero a la EC
	Contribución del pienso a la EC	Concentrado	Importancia de la ración	Contribución de la dieta a la EC	
Arranque	21	90	3	29	72
Cebo	31	90	7	38	
Recría crecimiento	27	35	14	74	
Preparto	35	40	10	74	
Ordeño	56	60	56	74	
Mantenimiento	80	20	10	96	

* Datos basados en el porcentaje de concentrado en las raciones y en la importancia relativa de cada tipo ración y fase productiva (los forrajes se han contabilizado como alimentos exclusivamente consumidos por los rumiantes).

Fuente: NANTA SA (2021) datos propios sin publicar.

11 NANTA SA (2021).

12 MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2019).



De este modo y según esta aproximación, alrededor de un 72 % de la dieta de ganado ovino lechero en condiciones intensivas contribuye a la EC y utiliza ingredientes que de ninguna forma podrían ser aprovechados para la alimentación humana.

4.2. Revalorización del estiércol

Siguiendo en el modelo de EC aplicado al ganado ovino, en la revalorización de subproductos destaca el estiércol por el volumen generado (65-70 % del alimento consumido) y por las posibilidades de revalorización que presenta. El estiércol es la mezcla de las heces de los animales con orines, cama, restos de alimentos del ganado y agua (procedente de la lluvia, limpieza o bebederos). Su composición varía según la especie que lo genere, la alimentación, la composición de la cama, el contenido en agua y las condiciones y duración de su almacenamiento.

Tradicionalmente, el estiércol del ovino de leche era depositado directamente en el campo por los animales en pastoreo o utilizado como abono en los cultivos de la granja. Con la aparición de los fertilizantes químicos y la proliferación de las ganaderías sin base territorial (intensificación), la cultura tradicional de la gestión del estiércol se ha perdido y ha pasado, en algunas zonas con altas concentraciones de animales, a suponer un problema para los ganaderos, donde un manejo inadecuado puede ocasionar malos olores y contaminación del agua, además de emisiones GEI. En las localizaciones de las ganaderías donde la producción agrícola es importante, el estiércol puede suponer una producción relevante; aunque el ajuste de la alimentación y el empleo de zoonosanitarios condiciona, y aún más en el futuro, el reciclado del estiércol en la producción agrícola de calidad.

Evitar la contaminación de los suelos es el objetivo del Real Decreto que regulará la nutrición sostenible en los suelos agrarios y que actualmente se encuentra en fase de borrador (MAPA, 2020)¹³, donde se resalta la necesidad de un plan de abonado plurianual según el contenido de materia orgánica del suelo y se prioriza el uso de fertilizantes orgánicos. El estiércol es un recurso que aporta materia orgánica al suelo de mucha importancia para gran parte de la península y donde su contenido (< 2 %) está por debajo del mínimo recomendado, además de ser fuente de elementos nutritivos para las plantas (N, P, K y oligoelementos). En este sentido, el volumen estimado de estiércol excretado por animal y año¹⁴ por el sector ovino de leche en España presenta valores medios de 5,41 kg de N y 1,24 kg de P y cifras máximas en las ovejas de leche en estabulación de 10,9 kg de N y 2,10 kg de P. Para el conjunto del sector ovino de leche, estos resultados suponen una producción anual de N y P con gran valor económico en el mercado, teniendo en cuenta el elevado precio de los fertilizantes sintéticos y la limitación en su uso. El estiércol es, por tanto, un recurso con muchas posibilidades de revalorización en un futuro próximo y que además puede contribuir a disminuir de forma indirecta las emisiones GEI producidas en la fabricación de fertilizantes químicos (fundamentalmente los nitrogenados).

Utilizar el compostaje (descomposición biológica aerobia de la materia orgánica) para garantizar el retorno de nutrientes al suelo y reducir con ello la necesidad de fertilizantes sintéticos es otra alternativa que está adquiriendo importancia en los últimos años. El estiércol o compost procedente

• • • • • • • •

¹³ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020c).

¹⁴ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2019).



de ganaderías ecológicas está actualmente demandado como abono de viñas, en jardinería, en huertos y en agricultura ecológica. Al mismo tiempo, el estiércol, así como otros residuos agrícolas y desechos biológicos sometidos a digestión anaeróbica (biodigestores), produce biometano, que es utilizado como fuente de energía renovable (biogás), combustible que puede ser usado para el autoconsumo de electricidad y calor en las ganaderías, además de originar un residuo con alto contenido en nutrientes (biofertilizantes o digestato).

Las plantas de biogás a partir de subproductos agrícolas (vegetal y estiércol) están creciendo en Europa y aunque España ocupa un puesto de cola se considera una tecnología rentable, respetuosa con el medioambiente y con un gran potencial¹⁵, fomentada además por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) y por el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética o el Real Decreto 244/2019 de autoconsumo que deroga el impuesto al sol y favorece el desarrollo de instalaciones de biogás a pequeña escala.

4.3. Revalorización de la lana

La lana producida en España anualmente asciende a 22.079 toneladas (29,7 % fina, 54,0 % entrefina, 15,3 % basta y 1 % negra), procedente de 12,5 millones de animales esquilados¹⁶. A pesar de ser una producción principal y fuente de gran riqueza para muchos sistemas ovinos, fundamentalmente del tronco merino, actualmente la venta de lana de las razas de aptitud lechera (Assaf, Manchega, Lacaune, Castellana, Churra, Latxa, etc.) no siempre cubre los gastos de esquila al ganado, debido a la escasa producción, la baja calidad y la desaparición de los usos tradicionales.

En la búsqueda de dar soluciones al sector ganadero y alternativas de EC para las lanas no textiles han surgido proyectos novedosos para convertir la lana (16 % de nitrógeno) de oveja Latxa (Ayuntamiento de Baztán) en abono orgánico en una planta de residuos (compostaje por inyección de aire) o la elaboración de un fertilizante líquido con un valor añadido (empresa Vitaveris) o incluso su aprovechamiento como aislante térmico en chaquetas reciclables de alta calidad (proyecto Artile, empresa Ternua) como alternativa a materiales procedentes del petróleo y en la línea de desarrollo de fibras sostenibles propuesta por la UE.

Sus características de material natural, renovable y biodegradable hacen de la lana una opción de futuro en el campo de textiles técnicos, así como en la construcción de aislante térmico, acústico y en paneles de filtración, ya que es transpirable, previene la condensación por su carácter termorregulador, cuenta con una gran durabilidad y es de fácil colocación.

• • • • • • • •

¹⁵ PASCUAL *et al.* (2011).

¹⁶ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020a).



4.4. Revalorización del suero de leche

El suero de leche de oveja es un producto líquido que se obtiene de la coagulación de las proteínas de la leche en la elaboración de quesos duros (el 82-83 % de la leche utilizada se convierte en suero de leche). El suero de oveja es dulce, con alto contenido en lactosa (63-70 %) y con un mayor contenido proteico que el de vaca (10-12 % de albúminas y globulinas), siendo una proteína de gran calidad por su contenido elevado en aminoácidos esenciales, así como en vitaminas hidrosolubles y minerales.

Desde la publicación del RD 1/2001 no se permite el vertido del suero de quesería al medioambiente (Ley de aguas) al ser altamente contaminante en aguas o suelos, siendo el quesero el responsable de su gestión.

El suero de leche, debido a su alto valor nutritivo y a sus reconocidas propiedades terapéuticas (antioxidantes, inmunomoduladoras, antimicrobianas, anticancerígenas, antiulcerosas, protección del sistema cardiovascular, depurativo, desintoxicante, regenerador de la flora intestinal, potenciador del sistema inmune)¹⁷, presenta numerosas aplicaciones tanto en alimentación animal como en humana (alimento para bebés y como concentrado proteico para deportistas). También se emplea como probiótico con péptidos bioactivos, así como gelificante y emulsificante de alimentos o en aplicaciones para la piel y el cabello en la industria cosmética, donde incluso en algunas empresas lácteas la venta de proteínas de suero aporta mayores ingresos que el queso. Valorizar el suero de leche de oveja a través de novedosos productos de calidad es un objetivo especialmente interesante en las comunidades de Castilla y León y de Castilla-La Mancha, que con 164 industrias concentran el 60 % de las empresas que compran leche de oveja y el 87 % del volumen nacional¹⁸. En esta corriente se han puesto en marcha novedosos proyectos como «PRIMA DAINME-SME (IRTA)», actualmente en desarrollo, donde se ha creado una nueva tecnología de procesamiento por altas presiones, que permite obtener un concentrado proteico (Hiperbaric, Burgos) a un precio muy económico u otras propuestas de revalorización del lactosuero ovino de pequeñas y medianas queserías (proyecto Life VALORLACT) en el País Vasco.

Otro destino del suero de leche es la producción de biogás (energía renovable) y fertilizantes (compost), solo o mezclado con el estiércol de ovino (Planta piloto: Metanogenia y Arteserena, Proyecto «Biogás Ovino»).

4.5. Gestión de otros recursos y residuos

La *gestión de la energía* (ODS 7) en las granjas de ovino de leche es un aspecto que incide directamente en su rentabilidad y el conocimiento del consumo la base de su gestión. En explotaciones de ovino de leche en Castilla y León (533 animales en ordeño de media), el consumo medio de electricidad total es el 2 % del precio percibido por litro de leche¹⁹, lo que representa 50 kWh por oveja año y

¹⁷ CHACÓN *et al.* (2017).

¹⁸ FONDO ESPAÑOL DE GARANTÍA AGRARIA (2021).

¹⁹ BODAS *et al.* (2013).



84 kWh por cada 1.000 litros de leche. El ordeño consume más del 40 % del gasto eléctrico diario (34 kWh/día), el enfriamiento de la leche el 30 %, el calentamiento del agua un 12 % y un 4 % es energía reactiva no consumida (al no adecuar la potencia al consumo).

La reducción del consumo eléctrico en granjas de ovino de leche se puede lograr instalando variadores de velocidad (reduce un 65 %) y recuperadores de calor (reduce un 70 %), y realizando un preenfriamiento de la leche (reduce un 25 %), así como con una adecuada ubicación, ventilación y limpieza del condensador junto con el mantenimiento de equipos (sala de ordeño, tanque de refrigeración e iluminación eficiente) donde la negociación de tarifas y horarios permite hasta un 20 % de ahorro económico²⁰.

Como ayuda a los ganaderos de ovino de leche en la mejora de la eficiencia, el ITACyL (Consejería de Agricultura y Ganadería, Junta de Castilla y León) ha creado una aplicación informática gratuita «Enerlacteo Ovino» que permite la autoevaluación del consumo energético y establecer propuestas de mejora.

Aparte de las estrategias de eficiencia indicadas, la valorización de la materia orgánica generada en la granja para producir biogás y la implantación de energías renovables son actuaciones de EC que repercuten directamente en la rentabilidad de la granja, al mismo tiempo que permite una consolidación de la sostenibilidad medioambiental del ovino de leche.

La *gestión en el uso del agua* (ODS 6), dado su carácter de recurso escaso, ha pasado a ser una prioridad internacional debido a la pérdida de calidad por contaminación tanto orgánica como química (agentes patógenos, fertilizantes, plaguicidas, sedimentos, metales pesados, desechos plásticos y microplásticos), donde se pide con urgencia que se mejore la eficiencia del uso del agua en la agricultura²¹, a la que se destina el 70 % del agua dulce disponible en la superficie de la tierra.

La media de consumo de una oveja de leche adulta es de 6,7 litros/día en agua de bebida y 2,9 litros/día empleados en la limpieza de la maquina e instalaciones de ordeño, así mismo el consumo medio de los machos y la reposición (bebida, lactancia artificial y limpieza de la sala de lactancia) es de 4 litros/día²².

La gestión eficiente del agua en las granjas de ovino de leche pasa por el registro de consumos y la propuesta de planes de optimización mediante el control y mantenimiento de instalaciones (detección y reparación de fugas y filtraciones), revisión y ajuste periódico de la calibración del equipo de agua de bebida o planes de reducción mediante sistemas de limpieza de alta presión, uso de equipos adecuados, reutilización de las aguas de lluvia no contaminadas como agua de lavado (separando y minimizando las aguas residuales que requieren tratamiento con su depuración), aprovechamiento y eliminación de vertidos contaminantes y así como la gestión responsable de estiércol para no contaminar las aguas subterráneas y control de la huella hídrica²³. En este sentido el apoyo de la tecnología con la utilización de dispositivos limitadores de caudal o sistemas de reaprovechamiento

• • • • •
²⁰ AGROPAL (2019).

²¹ FAO (2018).

²² SOCIEDAD AGRARIA DE TRANSFORMACIÓN «LOS FRANCOS» (2021).

²³ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2017).



de aguas, donde el agua de limpieza de la ordeñadora y conductos cargada de desinfectantes y detergentes se reutiliza para limpieza de suelos permiten reciclar el 80 % del agua.

La *gestión de otros residuos* como los plásticos, los zoonos, los detergentes, los fitosanitarios, los SANDACH gestionados en el matadero o los animales muertos en las granjas (subproductos de origen animal no destinados al consumo humano y los productos derivados de los mismos), así como otros residuos generados en la granja como el cartón, el aceite, las pilas, el vidrio, etc., que están sometidos a una recogida y procesamiento selectivo, en los que se regula su posible uso o destrucción controlada según el riesgo, tienen que almacenarse de la forma adecuada antes de su recogida por un gestor de residuos autorizado. En el caso del plástico, un plan de gestión contempla la generación de menos residuos con la utilización de plásticos biodegradables o de mayor vida útil, el reciclaje y el uso de materiales reciclados. Los plásticos contaminados con plaguicidas y fertilizantes son especialmente difíciles de reciclar, por ello la FAO pretende evaluar la magnitud, el destino y los efectos de los plásticos agrarios a escala mundial, para ofrecer alternativas y fomentar el uso de plaguicidas biológicos y fertilizantes orgánicos y así conseguir reducirlos. En este sentido, en 2020, el Consorcio Provincial de Residuos en colaboración con las organizaciones agrarias ASAJA han puesto en marcha un proyecto piloto de servicio de recogida de residuos plásticos ganaderos en la provincia de Palencia, que permitirá el análisis de la producción de residuos de plástico y la viabilidad del servicio.

Referencias bibliográficas

AGROPAL (2019): «Ahorro energético en ovino de leche»; en *AGROPAL - Grupo Alimentario* (152); pp 22-23.

BODAS, R.; TABERNEIRO DE PAZ, J.; BARTOLOMÉ, D. J.; POSADA, R.; GARCÍA, J. J.; OLMEDO, S. y RODRÍGUEZ, L. (2013): «Consumo eléctrico en granjas de ganado ovino lechero en Castilla y León»; en *Archivos de Zootecnia* 62(239); pp. 439-446.

COMISIÓN EUROPEA (2020): «Estrategia de la granja a la mesa para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medioambiente»; *COM 381 final*. Comisión Europea. Bruselas.

CHACÓN GURROLA, L. R.; CHÁVEZ-MARTÍNEZ, A.; RENTERÍA-MONTEERRUBIO, A. L. y RODRÍGUEZ-FIGUEROA, J. C. (2017): «Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades»; en *Interciencia* 42(11).

FAO (2018): *8.º Foro Mundial del agua*. Brasilia. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAOSTAT (2016): en <http://www.fao.org/faostat/es/#data>.

FEDNA (2019): *Tablas Fedna de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Madrid. 4.ª edición. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; en <http://fundacionfedna.org>.



FONDO ESPAÑOL DE GARANTÍA AGRARIA (2021): *Informe mensual de declaraciones de leche de oveja y cabra, noviembre de 2020*. Madrid. MAPA.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2017): *Guía de mejores técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental de la ganadería*. Madrid. Subdirección General de Medios de Producción Ganaderas.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2019): *Ovino. Bases Zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de Nitrógeno y de Fósforo*. Madrid. Subdirección General de Medios de Producción Ganaderas.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020a): *Anuario de estadística 2019*. Madrid. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020b): *El sector ovino y caprino de leche en cifras: Principales indicadores económicos*. Madrid, Subdirección General de Producción Ganadera y Cinegética.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020c): *Proyecto de Real Decreto por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios*; en [-publica/proyecto_rd_nutricion_sostenible.aspx](#)

MOTTET, A.; DEHAAN, C.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. y OPIO, C. (2017): «Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate»; en *Global Food Security* (14); pp. 1-8.

PASCUAL, A.; RUIZ, B.; GÓMEZ, P.; FLOTATS, X. y FERNÁNDEZ, B. (2011): *Situación y potencial de generación de biogás. Estudio Técnico PER 2011-2020*. Madrid. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

PEYRAUD, J. L. y MACLEOD, M. (2020): *Study on Future of EU livestock: how to contribute to a sustainable agricultural sector?* Bruselas. Comisión Europea. Directorate General for Agriculture and Rural Development.

RANDOLPH, T. F.; SCHELLING, E.; GRACE, D.; NICHOLSON, C. F.; LEROY, J. L.; COLE, D. C. y RUEL, M. (2007): «Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries»; en *Journal Animal Science* 85(11); pp 2788-2800.

RED EUROPEA DE DESARROLLO RURAL (2019): «Integración de la Bioeconomía»; en *Revista Rural de la UE* (28); pp. 1-44.



428



La ganadería de precisión como estrategia para mejorar la productividad y sostenibilidad en el caprino lechero

Alejandro Belanche

Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2), Universidad de Zaragoza-CITA
y Estación Experimental del Zaidín (CSIC)

Javier Fernández-Álvarez

Asociación Nacional de Criadores de Caprino
de Raza Murciano-Granadina (Caprigran)

Resumen / Abstract

Durante las últimas décadas, el sector del caprino lechero ha experimentado un proceso de profesionalización basado en la identificación electrónica, programas sanitarios y de control productivo, selección genética y de mejora de instalaciones. Este nuevo escenario ha abierto la posibilidad de implementar conceptos de ganadería de precisión (GP). Por lo tanto, este capítulo describe un caso de éxito consistente en la implementación de una plataforma de GP para optimizar el manejo de explotaciones caprinas de leche en España. Dicha plataforma de gestión llamada RUMIA se fundamenta en la recogida continua y sistemática de datos de animales individuales (de forma manual y remota), seguido por un procesado de datos y un retorno al ganadero para facilitarle y optimizar la toma de decisiones. Esta plataforma permite realizar una mejor monitorización de la filiación, genotipo, fenotipo (producción de leche y composición), salud y reproducción de cada animal. Como consecuencia de ello, se puede personalizar el manejo de cada animal para aprovechar la variabilidad entre individuos y maximizar el margen neto por animal. En particular la implementación de esta plataforma de GP ha contribuido a: 1) minimizar los periodos improductivos (p. ej., edad al primer parto y periodo seco) y la estacionalidad productiva; 2) personalizar la duración de la lactación; 3) optimizar la estrategia de desvieje; 4) incrementar la productividad y progreso genético y 5) incrementar la sostenibilidad de la explotación. Además, esta plataforma de gestión ha sido recientemente modernizada mediante el desarrollo de una nueva interfaz y la implementación de nuevos elementos que incluyen datos técnico-



económicos e indicadores de sostenibilidad con el objeto de pasar de ser considerada una herramienta de manejo de animales a una plataforma de gestión integral de la explotación.

Over the last decades the dairy goat sector has experienced an professionalization process based on the incorporation of individual electronic identification, milking automatization and monitorization, genetic selection and sanitary programs. This new scenario has opened the possibility of incorporating concepts of Precision Livestock Farming (PLF). This chapter describes a successful case study consisting in the implementation of a PLF-platform to optimize the management of dairy goat farms in Spain. This platform named RUMIA is based on the continuous and systematic collection of individual animal data (both manually and remotely), followed by a further data processing and feedback to the farmer to optimize the decision-making process. This platform allows to better monitor the filiation, genotype, phenotype (milk yield and composition), health and reproductive performance of each individual. As a result, the management of each animal can be customized to take advantage of the inter-animal variability to maximize the net profit. In particular, the implementation of this PLF-platform has contributed to: 1) minimize the unproductive periods and production seasonality, 2) customize the lactation length, 3) optimize the culling-off strategy, 4) increase productivity and genetic progress and 5) increase farm sustainability. Furthermore, in recent years this PLF-platform has been updated through the development of a new interface and the implementation of new elements related with technical-economic data and sustainability indicators to move from animal-management tool towards an integral farm-management platform. The reasons for developing this PLF-platform and the potential implications are described in this chapter.

1. Relevancia del sector caprino

El caprino fue una de las primeras especies en ser domesticadas hace más de 10.000 años. Debido a su moderado tamaño, adaptabilidad y versatilidad de sus sistemas de producción, el caprino continúa aportando multitud de bienes y servicios tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. El caprino es capaz de aprovechar pastos, alimentos locales e incluso subproductos agrarios, que son transformados en carne y leche de alto valor nutricional, representando así una fuente de ingresos en zonas rurales desfavorecidas. Dicha labor ganadera permite fijar la población rural y mantener las tradiciones gastronómicas, el paisaje y la diversidad ecosistémica. Sin embargo, la elevada dependencia de ayudas públicas y la lenta modernización de los sistemas de producción representan importantes amenazas para el sector (Belanche *et al.*, 2020). Por lo tanto, existe una necesidad de adecuar los actuales sistemas de producción caprina para permitir que las explotaciones sean sostenibles y económicamente viables por sí mismas, retos en los que las asociaciones de criadores de razas autóctonas juegan un papel estratégico.

El censo caprino español consta de unas 2,7 millones de cabras, representando una cuarta parte del censo de la UE. Más de la mitad de dicho censo está compuesto por cabras lecheras, que están repartidas en unas 54.000 explotaciones, generando una producción anual próxima a las 500.000 t de leche (MAPAMA, 2016) y haciendo de España el segundo país productor de la UE, después de Francia (Pulina *et al.*, 2018). Las explotaciones de caprino lechero se pueden clasificar en tres grupos



en base al manejo: a) intensivas o de estabulación-permanente, b) semiextensivas y c) extensivas, aunque dicha clasificación también lleva implícitos otros aspectos como el tamaño de explotación, la alimentación, la reproducción, la productividad y la raza caprina (Mena *et al.*, 2019).

2. Manejo tradicional del caprino lechero

La raza caprina murciano-granadina es la que posee un mayor censo en España con más de 100.000 ejemplares inscritos en el *Libro Genealógico* y con una mayor distribución geográfica, por lo que puede considerarse como un buen ejemplo para describir la evolución de los modelos de producción de caprino lechero en la última década. Tradicionalmente, la mayoría de las explotaciones murciano-granadina eran familiares, de tamaño moderado (unas 250 cabras por explotación frente a las 450 actuales) y solían presentar una intensificación moderada (entre una y tres épocas de partos al año, dos ordeños diarios, estabulación permanente y suplementación de la dieta con concentrado), aunque todavía existía una proporción sustancial de explotaciones semiextensivas que practicaban el pastoreo. Pleguezuelos *et al.* (2013) describió con detalle los índices productivos de la raza murciano-granadina, en la pasada década, tras analizar más de 68.000 lactaciones del Programa de Mejora de la Asociación de Criadores de Raza Murciano-Granadina (Caprigran). Este estudio mostró que la media poblacional en lo referido a la edad al primer parto era de 16,4 meses y su longevidad de 5 años. Cada cabra solía tener 1,08 lactaciones al año consistentes en 227 días de ordeño, con una producción media de 1,80 kg/d (equivalente a 408 kg/lactación), y 112 días de periodo seco entre lactaciones.

Estos modelos de producción con una adecuada profesionalización y conocimiento adquirido a lo largo de generaciones también tenían algunos lastres más basados en creencias que en fundamentos contrastados con datos. Ello implicaba la existencia de largos periodos improductivos como la recría (edad al primer parto de hasta 24 meses) o el periodo seco (hasta 5 meses), bajo la creencia de que así se incrementaría la longevidad de la cabra y su productividad durante la próxima lactación, respectivamente. Sin embargo, Pleguezuelos *et al.* (2013) demostró que aumentar la edad al primer parto por encima de los 12-14 meses no aportaba beneficio alguno y por el contrario reducía la longevidad funcional (de 2,0 a 1,7 años). De manera similar, incrementar la duración del periodo seco por encima de los 2 meses tampoco aumentaba la productividad, sino que la reducía hasta en un 49 % para periodos secos de 5 meses. Por lo tanto, hasta un 74 % y un 85 % de las cabras solían tener una edad al primer parto y una duración del periodo seco superior al óptimo económico, ocasionando pérdidas de unos 30 euros por cabra (Pleguezuelos *et al.*, 2013). Además, en los sistemas de producción tradicionales, tanto la selección de la reposición como el desvieje de los animales se realizaba de forma arbitraria y subjetiva, en base a las preferencias del ganadero sin estar avalada por datos objetivos.

A pesar de la heterogeneidad de los modelos de producción existentes, durante la última década, la mayoría de las explotaciones de caprino lechero han experimentado un proceso de profesionalización, que incluye mejoras sanitarias como, por ejemplo, la implementación de programas de saneamiento, la vacunación y la higiene en el proceso de ordeño. El aumento del tamaño de explotación y de la duración de la lactación, la instalación de salas de ordeño modernas y la disminución del pastoreo también son rasgos distintivos de esta profesionalización (Castel *et al.*, 2011). Además, la implementación de programas de mejora genética ha permitido incrementar sustancialmente la productividad de la raza



murciano-granadina en la última década (+43 %), alcanzando una media de 586 kg/lactación en la actualidad. Sin embargo, a pesar de estos avances hasta la fecha ha habido poco progreso en lo relacionado con la implementación de programas de manejo basados en la ganadería de precisión, lo que lo convierte en una prioridad para el sector del caprino lechero.

3. ¿Por qué surge la necesidad de la ganadería de precisión en caprino lechero?

Aunque cada explotación tiene su propia idiosincrasia en lo relativo a la toma de decisiones, existen una serie de aspectos comunes. El ganadero, primero, observa el ambiente (p. ej., los precios de las materias primas, la predicción meteorológica, las tendencias de mercado, etc.) y la explotación (p. ej., época de partos, productividad, brotes de enfermedades, etc.), y posteriormente, procesa, interpreta y almacena dicha información y alcanza una conclusión que le determina la toma de decisión. En base a ello, el éxito del ganadero en la gestión de la explotación depende principalmente de su capacidad de observación, de su posterior interpretación y de su memoria.

En el pasado, las explotaciones caprinas solían ser de pequeño tamaño y el ganadero podía identificar individualmente a cada animal, recordando su edad, filiación, productividad e historial clínico, por lo que cada uno era manejado por separado a pesar de la diversidad entre ellos. En los países desarrollados, el tamaño e intensificación de las explotaciones se han visto incrementados durante las últimas décadas y la mayoría de los rebaños son manejados en grupos de animales considerando valores medios, de forma que la variabilidad entre ellos es frecuentemente considerada como un impedimento para maximizar la economía de escala (Boyazoglu y Morand-Fehr, 2001). Este tipo de manejo en grupos de animales no permite la personalización de cada animal para aprovechar sus particularidades (Castel *et al.*, 2011) y, por lo tanto, maximizar el margen neto de cada uno de ellos. Además, los actuales ganaderos de caprino lechero demandan mejorar sus condiciones laborales en términos de productividad, beneficio económico, profesionalización y dignidad. A ello hay que añadir que la sociedad de hoy presenta inquietudes crecientes en materia de seguridad alimentaria, de respeto al medioambiente y de bienestar animal, lo que implica una modernización de los vigentes modelos de producción.

El concepto de ganadería de precisión (GP) se basa en la implementación de tecnologías que permiten la recogida constata, sistemática y automática de datos de animales individuales, así como su posterior análisis e interpretación, con el objeto de facilitar la toma de decisiones a los ganaderos. Por lo tanto, la GP permite personalizar el manejo para aprovechar la variabilidad entre animales. A pesar de que la GP ya cuenta con una considerable generalización de uso en el vacuno lechero, las peculiaridades del sector caprino tradicional, como la gran heterogeneidad entre explotaciones y el bajo margen neto por animal, han limitado su implementación en el pasado (Wathes *et al.*, 2008). Sin embargo, en la última década el sector caprino ha experimentado mejoras sustanciales en la alimentación animal a través de un mejor asesoramiento técnico en la formulación de raciones, el uso de aditivos nutricionales y la instalación de salas de ordeño (permiten realizar dos ordeños diarios), así como de ser partícipes del programa de control lechero, que supone el seguimiento mensual de la producción lechera —en cantidad y composición— para cada animal. A ello hay que añadir la calificación morfológica de



cada cabra por parte de un evaluador y que, junto con su productividad, determinan el fenotipo de cada individuo. Además, la identificación electrónica personal, que inicialmente se implantó con fines principalmente sanitarios, ha supuesto todo un avance en la trazabilidad y la gestión de datos en las explotaciones de caprino lechero, al poder asignar a cada animal su correspondiente información productiva, control reproductivo, manejo y de filiación de animales recién nacidos. Ambos elementos –fenotipo y filiación– son clave en el éxito de los programas de selección genética. Por lo tanto, este proceso de profesionalización genera un *big data* de animales individuales susceptible de ser analizado e interpretado, permitiendo así la implementación de conceptos de GP y *Business Intelligence* (GI) como estrategias para mejorar la gestión integral de explotaciones de caprino lechero.

4. Descripción de la plataforma de ganadería de precisión «RUMIA»

Durante los últimos 20 años, la Federación Andaluza de Asociaciones de Ganado Caprino de Raza Pura (Cabrandalucía) ha ido ganando experiencia en el desarrollo de herramientas de gestión ganadera. La plataforma RUMIA representa la punta de lanza en lo referido a la implantación de la GP y su nombre hace referencia a la azada utilizada para eliminar las malas hierbas, ya que permite discriminar entre animales productivos e improductivos.

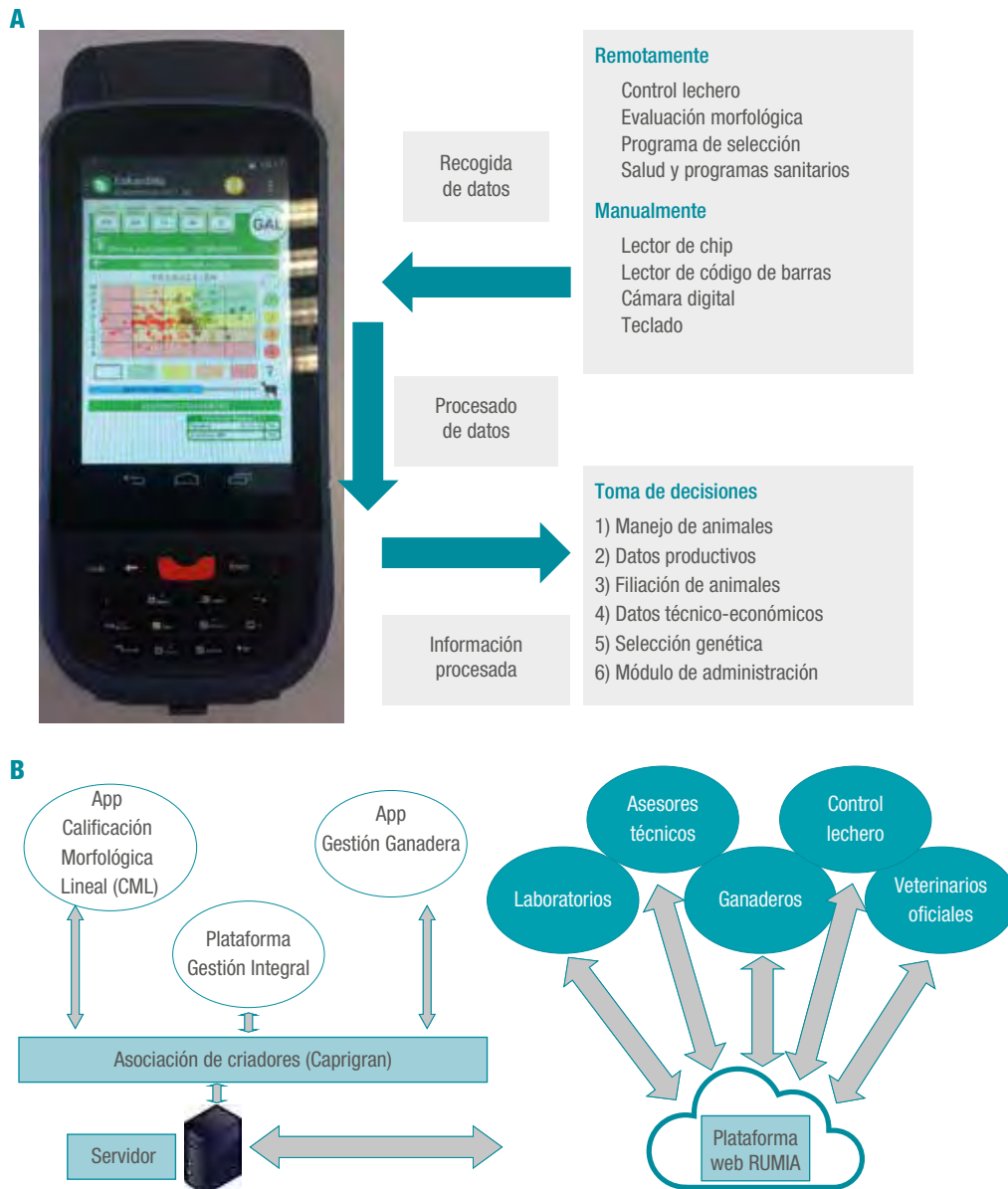
Dicha plataforma fue inicialmente desarrollada por Caprigran y consta de un terminal que cuenta con un teléfono inteligente (Figura 1a) que incorpora varios elementos como:

- a) Un lector electrónico de chips para identificar animales.
- b) Una cámara digital para tomar fotografías de las etiquetas de alimentos y para certificados *post-mortem*.
- c) Un lector de barras para registrar los fármacos y la trazabilidad de las muestras biológicas.
- d) Un teclado para introducir datos.
- e) Una pantalla táctil para navegar por la interfaz.
- f) Un *software* para procesar datos.
- g) Una tarjeta de memoria para almacenar datos a corto plazo.
- h) Una conexión inalámbrica para conectarse a web.

Por lo tanto, la plataforma RUMIA se basa en la recogida de datos, su procesado y retorno final al ganadero para ayudarle en la toma de decisiones.



Figura 1. Ilustración del terminal de la plataforma RUMIA (A) y sus elementos y flujo de datos (B)



4.1. Recogida sistemática de datos

El éxito de esta plataforma de gestión se basa en la recogida constante y sistemática de datos de animales individuales tanto de forma manual en la propia explotación como de forma remota y automática (Tabla 1).



Tabla 1.
Resumen de las entradas y salidas de datos en la plataforma RUMIA

Entradas*	Salidas*
Datos de animales	Manejo de animales
Fecha de nacimiento y sexo (m)	Optimización de la edad a la primera cubrición
Tipo de parto (simple / doble / triple / cesárea) (m)	Información individual actualizada
ID / Crotal / Tatuaje / Muestra de sangre (m)	Resultados del test de filiación
ID de la madre y padre (m)	Estimación del valor genético y destino de la reposición
Ubicación del animal / Lote / Color del collar (m)	Seleccionar y clasificar animales
Tratamientos sanitarios (m)	Clasificar y agrupar animales para tratamientos sanitarios
Traslados entre explotaciones / Matadero (m)	Trazabilidad animal / Respetar el periodo de retirada
Fecha y razón del desvieje / Muerte (m)	Censo actualizado
Datos reproductivos	Manejo reproductivo
Días en ordeño y días en gestación (r)	Optimizar el momento cubrición / Inseminación
Inseminación / Fecha y machos utilizados (m)	Estima de la fecha de parto y filiación
Diagnóstico de gestación y fecha de parto (r)	Identificación y reubicación de no-gestantes / Desvieje
Aborto (m) / Periodos de monta infructuosos (r)	Detección de problemas reproductivos
Número de parto (r) y fecha (m)	Longevidad efectiva e identificación de animales viejos
Cabritos nacidos y sexo (m)	Índice de prolificidad
Cabritos seleccionados como recria (a y g)	Sugerencia de ser seleccionado como reposición
Datos productivos	Manejo reproductivo
Producción lechera vitalicia (r)	Identificar cabras con alta producción y longevidad
Duración de la lactación y periodo seco (r)	Optimización de la duración de la lactación y periodo seco
Producción y composición de la leche mensualmente (r)	Identificar cabras con alta/baja producción
Recuento de células somáticas en leche (r)	Detectar mastitis
Predicción de la curva de lactación (r)	Optimizar la fecha de cubrición / Alimentación
Producción de leche actual (r)	Optimizar la ración en base a la producción
Número de ordeños por día (r)	Optimizar los recursos laborales
Estado fisiológico actual (r)	Estado fisiológico actualizado de todos los animales
Datos genéticos	Manejo selección genética
Valor genético leche / Grasa / Proteína (r)	Personalizar el criterio de selección
Calificación morfológica lineal (r)	Información morfológica para la selección
Índice de manejo (r)	Indicador global para la selección de la reposición

* Entre paréntesis se indica si los datos son tomados manualmente (m) o remotamente (r). Los datos de la misma línea están relacionados.

Fuente: tabla adaptada de Belanche *et al.* (2019).



Los datos introducidos manualmente por el ganadero a través del terminal de la Plataforma RUMIA pueden ser recabados al nacimiento (p. ej., fecha de nacimiento, sexo, número de identificación y color del crotal) o durante la vida productiva (p. ej., tratamientos sanitarios, patologías, ubicación, color del collar, inseminaciones, edad y/o razón del desvieje/muerte, etc.). Por otro lado, la información más relevante recabada remotamente y centralizada en un servidor de Cabrandalucía procede de: 1) el programa de control lechero que recoge valores mensuales sobre la producción, composición de la leche, recuento de células somáticas (RCS) y días en leche de cada animal. Estos datos son utilizados para predecir la curva de lactación y la producción lechera por lactación certificada como indicador fenotípico; 2) la calificación morfológica de cada animal es determinada por un evaluador cualificado al final de la primera lactación en base a la evaluación lineal de las siguientes regiones anatómicas: estructura y capacidad, carácter lechero, patas y pies y sistema mamario (Sánchez *et al.*, 2005); 3) la selección de la reposición es realizada *in situ* al nacimiento en base a la información de sus progenitores putativos y, posteriormente, la filiación completa (madre y padre) es confirmada tras el destete mediante un test ADN de filiación para ser incorporada en el *Libro Genealógico* y el Programa de Selección Genética; 4) los datos reproductivos (p. ej., diagnóstico de gestación o semental utilizado) también son centralizados. Como resultado de esta recogida de datos dual, solamente aquellas ganaderías que están incluidas en el programa de Control Lechero Oficial y en el Programa de Mejora Genética pueden beneficiarse del verdadero potencial de esta plataforma de gestión.

4.2. Procesado de datos

Todos los datos recabados de cada explotación son almacenados y procesados en un servidor de Cabrandalucía (Figura 1B). En el procesado de datos de la plataforma RUMIA interactúan varios elementos: 1) la App Calificación Morfológica Lineal; 2) la App Gestión Ganadera, que engloba la recogida manual de datos a través del terminal y el programa de Selección Genética; y 3) la plataforma Gestión Integral, para el manejo de la explotación. Para facilitar la usabilidad de la plataforma, el servicio técnico de Caprigran se encarga de proporcionar cursos de formación y asesoramiento, así como de conservar el sistema operativo en óptimas condiciones tanto de mantenimiento como de evolución. Una vez que la información ha sido procesada, ya es accesible para los ganaderos, veterinarios y servicios sanitarios y técnicos encargados del Control Lechero Oficial y del Programa de Mejora Genética.

4.3. Toma de decisiones del ganadero en base a datos

La principal ventaja de la plataforma RUMIA es que proporciona un retorno interactivo de los datos procesados y actualizados al ganadero para optimizar el manejo de la explotación. Esta información es susceptible de ser utilizada para conocer en todo momento las particulares productivas, genéticas, sanitarias y reproductivas de cada animal individual (Tabla 2).



Tabla 2.
Resumen de las opciones para crear grupos de animales con la plataforma RUMIA

Propuesta de grupo para monta natural
1) Generar un grupo de cabras en base a la producción de leche actual (umbral de rentabilidad): a) <i>Seleccionar primiparas por debajo de un umbral productivo (p. ej., 1,7 kg/d) o un percentil (p. ej., 20 % inferior)</i> b) <i>Seleccionar multiparas por debajo de un umbral productivo (p. ej., 2,2 kg/d) o un percentil (p. ej., 20 % inferior)</i>
2) No seleccionar cabras al inicio de la lactación (p. ej., < 90 días en ordeño)
3) Seleccionar todas las cabras secas y no gestantes*
4) Seleccionar todas las cabras en el mismo grupo*
5) Seleccionar un número fijo de cabras por grupo (p. ej., 100)
Propuesta de grupo para inseminación artificial
1) Generar un grupo de cabras en base al Valor Genético para la producción de leche / grasa / proteína en leche*
2) Generar un grupo de cabras en base a la producción de leche actual (umbral de rentabilidad): a) <i>No seleccionar primiparas por debajo de un umbral productivo (p. ej., 1.9 kg/d) o un percentil (p. ej., 50 % inferior)</i> b) <i>No seleccionar multiparas por debajo de un umbral productivo (p. ej., 2.5 kg/d) o un percentil (p. ej., 50 % inferior)</i>
3) Seleccionar todas las mejores cabras disponibles (madres de futuros sementales) *
4) No seleccionar cabras gestantes o actualmente ubicadas con machos*
5) No seleccionar cabras al inicio (p. ej., <120 días en ordeño) o final de la lactación (p. ej., >290 días en ordeño)
6) No seleccionar cabras viejas (p. ej., >7 partos)
7) No seleccionar cabras sin suficiente potencial genético para ser madres de futuros sementales*
8) No seleccionar más de un número de cabras (p. ej., 60)
Propuesta de animales para reposición
1) Definir el número anual de hembras y machos seleccionados para reposición (e. g. 120+4)
2) Definir el número de hembras y machos a ser seleccionados de la próxima época de partos (p. ej., 30+1)
3) Seleccionar las hijas cuyos padres tengan un Índice de Manejo superior a cierto umbral (p. ej., 80)
4) Seleccionar en base a criterios específicos: Índice de Manejo / Producción de leche / Composición/ Morfología.
Propuesta de animales de desvieje
1) Definir el número anual de cabras a desviejar (e. g. 80)
2) Cabras poco productivos en base a: la productividad vitalicia (p. ej., < 1,2 kg/d), productividad en la última lactación (p. ej., < 1.3 kg/d) o leche de baja calidad
3) Cabras con problemas reproductores (p. ej., > 4 periodos de cubrición sin concebir, >2 abortos)
4) Cabras con problemas de salud (valores altos de RCS en leche, mastitis, positivas a enfermedades)*
5) Cabras vacías y secas*
6) Cabras nulíparas por encima de cierta edad (p. ej., > 18 meses)
7) Cabras con valores altos de RCS en leche consistentemente o positivas a mastitis.

* Opción binaria (sí/no).

Fuente: tabla adaptada de Belanche *et al.* (2019).

La herramienta también proporciona el índice de manejo para cada individuo, que es un índice sintético que aglutina valores de producción y composición de la leche, morfológicos y genéticos ponderados convenientemente para poder discriminar fácilmente entre animales de alto y bajo valor productivo. Esta plataforma permite seleccionar grupos de animales para ser destinados a reproducción, reposición o desvieje, de forma totalmente personalizable en base a las prioridades de cada ganadero. En relación a la reproducción, la plataforma RUMIA permite identificar a las mejores



cabras para ser inseminadas o cubiertas con monta dirigida con sementales de alto valor genético para garantizar la mejor reposición posible. El resto de cabras recibe monta natural por parte de sementales de la explotación y su descendencia es habitualmente vendida como carne. En relación a la reposición, la plataforma RUMIA permite seleccionar a los mejores animales para reposición, mientras que los machos 'elite' son destinados al centro de sementales como donantes de esperma. La estrategia de desvieje también puede ser optimizada, ya que RUMIA permite identificar animales con problemas de salud (positivos a ciertas enfermedades o altos valores de células somáticas en leche) o con deficiencias reproductivas (baja fertilidad, abortos, etc.), es decir, aquellos que no son rentables en el rebaño.

5. Efectos de la plataforma de gestión RUMIA

5.1. Reducción de periodos improproductivos y la estacionalidad

El concepto de «perdidas invisibles» puede utilizarse para describir los costes asociados al mantenimiento de animales improproductivos tales como la reposición y los animales secos. Además, para garantizar la rentabilidad, los actuales sistemas de producción de caprino lechero en estabulación permanente precisan de un solapamiento entre lactación y gestación. Sin embargo, la existencia de un periodo seco entre lactaciones permite regenerar la glándula mamaria y prevenir un descenso en la producción (aproximadamente, -12 %) en la siguiente lactación (Knight y Wilde, 1988). En este sentido, la mayoría de las ganaderías que ha implementado la plataforma RUMIA han pasado de 2 a 5 épocas de partos al año. Ello implica cubriciones cada 72 días, proporcionando suficiente tiempo para realizar ecografías de diagnóstico de gestación a los 42 días poscubrición y ofreciendo inmediatamente una segunda oportunidad de concepción para las cabras que no quedaron gestantes. Dicha intensificación reproductiva asociada a la implementación de RUMIA permitió reducir la duración del periodo seco en 21 días (de 91 a 70) sin acarrear efectos negativos sobre la producción de leche (Belanche *et al.*, 2019).

En relación a la edad al primer parto, las cabras alcanzan la pubertad a los 5-7 meses, por lo que alargar la edad al primer parto por encima de los 13-14 meses no incrementa la futura producción lechera e incluso puede reducir la longevidad funcional (Jainudeen *et al.*, 2000). En este sentido, en las explotaciones manejadas con RUMIA se deja reposición de todas las épocas de partos (en base su valor genético en vez de su época de nacimiento), que unido a una mejor monitorización de la edad de cada animal, permite optimizar la edad al primer parto. Un reciente estudio mostró que las explotaciones manejadas con RUMIA poseían una edad al primer parto 30 días inferior a aquellas manejadas de forma convencional (Belanche *et al.*, 2019) sin perjuicio de la productividad.

Aunque la raza murciano-granadina es menos estacional que otras razas europeas, experimenta un descenso en la actividad reproductiva entre febrero y mayo (Arrebola *et al.*, 2010). Ello implica la existencia de una mayor proporción de cabras en ordeño en primavera y verano que en otoño e invierno (70 % vs. 49 %) bajo un manejo convencional. Por contra, la intensificación reproductiva asociada al uso de la plataforma RUMIA origina proporciones similares de animales en ordeño (79 % vs. 69 %) y producción de leche (53 % vs. 46 %) en primavera-verano que en otoño-invierno (Belanche *et al.*, 2019). El incremento del número de cabras en ordeño durante el otoño-invierno hace que la



carga de trabajo sea más homogénea a lo largo del año, además de aumentar la producción de leche fuera de temporada (+17 %), que es habitualmente pagada a precios más elevados.

5.2. Personalizar la duración de la lactación

Un aspecto especialmente controvertido es la duración óptima de la lactación (Salama *et al.*, 2005). La plataforma RUMIA permite a los ganaderos fijar un umbral de rentabilidad que representa, aproximadamente, la producción lechera necesaria por cabra para cubrir los gastos de producción (alimentación, mano de obra, etc.). Además, esta plataforma permite modelizar la curva de lactación de cada cabra (en base a su número, tipo y época de parto, días en leche, estado de gestación y producción lechera) para así poder determinar el momento óptimo de concepción, de modo que garantice que su producción lechera se encuentre siempre por encima del umbral de rentabilidad. Esta personalización de la duración de la lactación implica que las cabras altas productoras dispongan de lactaciones largas, mientras que las bajas productoras (o primíparas) tengan lactaciones cortas, manteniendo en todos los casos una misma duración del periodo seco, lo que a la postre incrementa la productividad media del rebaño (Belanche *et al.*, 2019).

5.3. Optimizar la estrategia de desvieje

Aumentar la longevidad del rebaño es deseable porque implica una reducción de la tasa de reposición y del coste de producción (Sewalem *et al.*, 2008). RUMIA permite identificar animales poco productivos en base a varios criterios como la producción vitalicia, la producción actual, el mérito genético, los problemas recurrentes de salud o reproductivos y las insuficiencias funcionales. Belanche *et al.* (2019) demostraron que la implementación de la plataforma no incrementó la tasa de desvieje, que se situó en el 22 % anual, siendo inferior a la descrita (34,4 % anual) para cabras Alpinas y Saanen en sistemas intensivos (Malher *et al.*, 2001). Además, esta herramienta de gestión permitió ampliar la media de lactaciones completadas por cabra (+11 % de longevidad funcional) como consecuencia de un descenso de los periodos improductivos.

5.4. Incrementar la producción y el progreso genético

Tras monitorizar la evolución en la producción lechera en ganaderías de estabulación permanente de la murciano-granadina, Belanche *et al.* (2019) concluyeron que las explotaciones convencionales aumentaban ligeramente su producción anual año tras año (+6,1 kg/cabra y año) debido fundamentalmente a la selección genética. Sin embargo, ese incremento era muy superior en las explotaciones manejadas con la plataforma RUMIA (+26,1 kg/cabra y año) como consecuencia de la minimización de los periodos improductivos, optimización del desvieje y las mejoras en alimentación. En la mayoría de las explotaciones manejadas con RUMIA, las cabras son divididas en al menos dos grupos en base a su producción –altas y bajas productoras–, que son suplementadas con grandes o moderadas cantidades de alimento concentrado, respectivamente. El crecimiento en la variabilidad entre animales en la producción lechera, unido al incremento de la productividad del rebaño, sugiere



que la personalización del manejo (p. ej., duración de la lactación y alimentación) permite a cada individuo expresar su verdadero potencial genético con una menor limitación ambiental.

La plataforma RUMIA permite identificar y descartar cabras con circunstancias particulares (p. ej., cabras con problemas reproductivos, abortos recurrentes, edad excesiva o en el pico de lactación), que podrían reducir el éxito de la inseminación artificial. Esta herramienta también facilita la asignación de cabritos recién nacidos a sus progenitores (hasta un 96 % de efectividad) y permite a los ganaderos identificar a los mejores animales para ser seleccionados como reposición. La combinación de estos elementos (datos productivos, identificación, filiación, selección y desvieje) han sido clave para acelerar el progreso genético en las explotaciones.

5.5. Incrementar la sostenibilidad

La implementación de conceptos de GP para optimizar el manejo puede ejercer efectos positivos sobre la sostenibilidad a varios niveles. La plataforma RUMIA permite un mejor registro del estado de salud y productividad de cada animal, eliminando a aquellos con insuficiencias. Además, puede monitorizar todos los productos utilizados para tratamientos sanitarios, para garantizar que siempre se respete el periodo de retirada. También permite reducir los periodos improductivos e incrementar la producción lechera, lo que ocasiona aumentos de hasta un 24 % en la venta de leche. En este sentido, la venta de cabritos suele representar menos de un 10 % de los ingresos de la explotación, por lo que son habitualmente considerados como un subproducto de la producción de leche. Sin embargo, la intensificación reproductiva asociada a la plataforma RUMIA suele acarrear un crecimiento en los cabritos vendidos (+46 %). Además, dado el elevado valor genético de algunos de esos animales jóvenes, una parte de ellos son comercializados a un precio de hasta diez veces superior al de venta como carne, para ser utilizados como reposición en otras explotaciones. Como consecuencia de ello, las explotaciones manejadas con esta plataforma de gestión poseen de media un 20 % más de ingresos por cabra que aquellas que son manejadas de forma convencional, lo que compensa el ligero incremento en los gastos de alimentación (Belanche *et al.*, 2019) y hace que dichas explotaciones sean menos dependientes de subsidios y más resilientes.

En lo relacionado a la sostenibilidad ambiental, un reciente estudio ha demostrado que la huella de carbono de la leche de cabra producida en sistemas de estabulación permanente oscila entre 1,2 y 1,8 kg CO₂eq/kg leche, siendo más baja que lo que inicialmente se creía y equiparable con la observada para la leche de vaca (Pardo *et al.*, 2020). Otro trabajo en el que se analizaron 5 explotaciones caprinas, antes y después de implementar la plataforma RUMIA, ha observado un descenso de entre el 7 y el 21 % en la huella de carbono de la leche de cabra como consecuencia del incremento de la productividad asociada a una mejora en el manejo de la explotación.

El impacto positivo de la GP sobre la calidad de vida del ganadero es otro aspecto clave que puede influir en la sostenibilidad de la explotación. Varios estudios en los que se analizaron las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) en explotaciones ovinas y caprinas han identificado que la profesionalización y la formación integral de los ganaderos deberían ser prioridades para el sector. Para ello resulta necesario la implementación de programas de capacitación y extensión, desarrollo de servicios de asesoramiento, promoción de la innovación y modernización, y mejora de la trazabilidad



y comercialización de los productos (Castel *et al.*, 2011; Mena *et al.*, 2017; Pulina *et al.*, 2018 y Belanche *et al.*, 2020). En este sentido, la implementación de herramientas de gestión basadas en la GP representa un paso hacia delante hacia la modernización y la profesionalización del sector, haciéndolo más atractivo para generaciones futuras, que garanticen tanto el relevo generacional como los futuros profesionales de un sector floreciente. Además, estas plataformas de gestión favorecen la creación de grupos interconectados de usuarios que promueven la transferencia de conocimientos y las buenas prácticas, con el objetivo de resolver problemas cotidianos en las explotaciones. Como consecuencia de ello, un estudio preliminar en el que se evaluó la sostenibilidad de explotaciones caprinas mostró que los ganaderos que han implementado la plataforma RUMIA son más proactivos, tienen una mayor capacidad de interactuar con otros profesionales del sector y una mayor visión de negocio que los ganaderos convencionales, estando todos estos aspectos positivamente relacionados con una mayor sostenibilidad de la explotación (Belanche *et al.*, 2019).

6. Situación actual y próximos desarrollos de la plataforma web de gestión integral RUMIA

Fruto del éxito de la plataforma RUMIA tanto en el incremento de funciones como de usuarios, ha sido mejorada, actualizada e integrada en tecnología *cloud*, lo que permite sincronizar en tiempo real los datos y los procesos entre las apps de gestión ganadera y calificación morfológica lineal con la plataforma web RUMIA como alternativa al servidor local empleado hasta la fecha (Figura 2).

La nueva versión de RUMIA ha sido concebida como una plataforma web-app integrada y basada en la implementación del internet de las cosas (IoT), revolucionando así su usabilidad a varios niveles como: 1) el flujo de datos automatizado entre dispositivos y su acceso a tiempo real; 2) la integración y sincronización de datos procedentes o destinados en primera instancia a ganaderos y asesores técnicos de las asociaciones de criadores, pero también a terceros como colaboradores externos, centros de investigación y agentes públicos; y 3) la incorporación de nuevas aplicaciones e idiomas para satisfacer las demandas de nuevos usuarios.

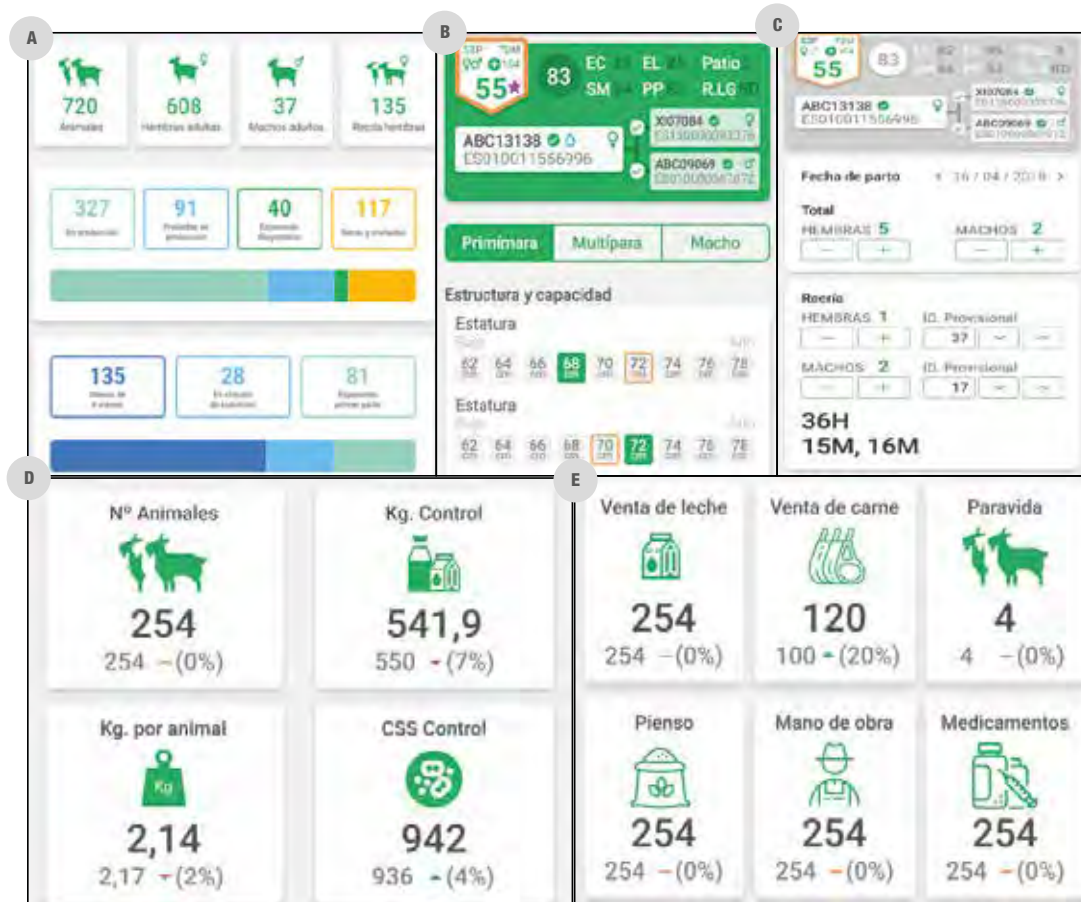
Esta nueva plataforma de gestión utiliza recursos informáticos escalables y de acceso libre, permitiendo una mayor versatilidad en la integración de nuevos elementos. Esta evolución aparece como respuesta a una creciente demanda de los usuarios para realizar una mejor monitorización de los animales individuales y de los datos de la explotación, así como para mejorar la trazabilidad y la información del producto, además de para satisfacer la creciente demanda de consumidores por productos nutritivos, sanos, saludables y sostenibles medioambientalmente. Como consecuencia de ello, la plataforma RUMIA incorpora una nueva interfaz y nuevos módulos tales como información actualizada sobre: 1) el catálogo de sementales y la disponibilidad de esperma en el centro de sementales; 2) intervenciones y tratamientos veterinarios, programas de vacunación, resultados de test de diagnóstico y medicinas utilizadas, así como el acceso a dichos datos por parte de los servicios veterinarios oficiales; 3) animales vendidos a otras explotaciones o a mataderos, incluyendo todo su historial de datos, para mejorar la trazabilidad de los animales y sus datos asociados; 4) registro de las ventas (leche, animales, desvieje, estiércol, etc.), compras (alimento, medicinas, aditivos, etc.) y otros gastos (electricidad, inseminaciones, servicios veterinarios, etc.) para disponer de indicadores



técnico-económicos fiables; y 5) lista de proveedores y compradores, así como un registro detallado de los productos, servicios y compromisos contractuales.

Figura 2.

Captura de pantalla de la nueva plataforma web RUMIA ilustrando la clasificación de los animales por estado fisiológico (A), la información filogenética, morfológica y el valor genético de un individuo (B), la información de un grupo (C) y la información de un grupo (D).



Fuente: RUMIA.

La incorporación de estos nuevos elementos representa un avance sustancial que pretende que esta plataforma evolucione hacia el manejo integral de la explotación. El objetivo es recabar e interpretar los datos de animales y de la explotación para generar indicadores de sostenibilidad en lo relacionado con la productividad, la viabilidad económica, el impacto ambiental, la huella de carbono, la salud y el bienestar animal. Esta información podría ser utilizada por los ganaderos para adaptarse a la evolución del sector en materia de objetivos de desarrollo sostenible, eficiencia, bienestar animal y seguridad alimentaria como los retos globales a los que tendrán que hacer frente para alinearse con las demandas de una sociedad bajo el concepto «de la granja a la mesa».



Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo del proyecto «Innovation for sustainable sheep and Goat production in Europe (iSAGE)» (Ref. 679302) financiado por la UE (H2020). Alejandro Belanche es investigador Ramón y Cajal financiado por la Agencia Estatal de Investigación [RYC2019-027764-I/AEI/10.13039/501100011033].

Referencias

ARREBOLA, F. A.; PÉREZ-MARÍN, C. C. y SANTIAGO-MORENO, J. (2010): «Limitation of seasonality in reproductive parameters of Mediterranean bucks, using photoperiod treatment»; *Small Ruminant Research* (89); pp. 31-35.

BELANCHE, A.; MARTÍN-GARCÍA, A. y YÁÑEZ-RUIZ, D. (2019): *How to define and measure sustainability?* (FAO-CIHEAM). Meknes, Morocco.

BELANCHE, A.; MARTÍN-COLLADO, D.; ROSE, G. y YÁÑEZ-RUIZ, D. (2020): «A multi-stakeholder participatory study identifies the priorities for the sustainability of the small ruminants farming sector in Europe»; *Animal* 100131.

BELANCHE, A.; MARTÍN-GARCÍA, A. I.; FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, J.; PLEGUEZUELOS, J.; MANTECÓN, Á. R. y YÁÑEZ-RUIZ, D. R. (2019): «Optimizing management of dairy goat farms through individual animal data interpretation: A case study of smart farming in Spain»; *Agricultural systems* (173); pp. 27-38.

BOYAZOGLU, J. y MORAND-FEHR, P. (2001): «Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality: A critical review»; *Small Ruminant Research* (40); pp. 1-11.

CASTEL, J.; MENA, Y.; RUIZ, F.; CAMÚÑEZ-RUIZ, J. y SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, M. (2011): «Changes occurring in dairy goat production systems in less favoured areas of Spain»; *Small Ruminant Research* (96); pp. 83-92.

JAINUDEEN, M.; WAHID, H. y HAFEZ, E. (2000): «Sheep and goats»; *Reproduction in farm Animals* (7); pp. 172-191.

KNIGHT, C. H. y WILDE, C. J. (1988): «Milk production in concurrently pregnant and lactating goats mated out of season»; *Journal of Dairy Research* (55); pp. 487-493.

MALHER, X.; SEEGER, H. y BEAUDEAU, F. (2001): «Culling and mortality in large dairy goat herds managed under intensive conditions in western France»; *Livestock Production Science* (71); pp. 75-86.

MAPAMA (2016): *El sector del ovino y caprino en cifras: Principales indicadores Económicos*. Subdirección General de Productos Ganaderos.



MENA, Y.; GUTIERREZ-PEÑA, R.; RUIZ, F. A. y DELGADO-PERTÍÑEZ, M. (2017): «Can dairy goat farms in mountain areas reach a satisfactory level of profitability without intensification? A case study in Andalusia (Spain)»; *Agroecology and Sustainable Food Systems* (41); pp. 614-634.

MENA, Y.; MORALES-JERRETT, E.; FERNÁNDEZ, J.; GONZÁLEZ, O.; LARA, C. y LÓPEZ, M. D. (2019): «El sector caprino de leche en Andalucía en cifras: diversidad de sistemas, razas y manejo»; *Tierras Caprino*; pp. 84-89.

PARDO, G.; DEL PRADO, A.; YANEZ-RUIZ, D. y BELANCHE, A. (2020): *Utilización de una herramienta («Eskardillo») para optimizar la gestión de explotaciones de caprino lechero: Influencia en la huella de carbono 1*. España, Elche. Red REMEDIA.

PLEGUEZUELOS, J.; BARROSO, A.; MARTÍN, S. & MANTECON, A. R. (2013): *Importancia de las pérdidas invisibles en la rentabilidad de las explotaciones caprinas*. España, Almería. Colegio Oficial de Veterinarios. IV Foro Nacional del Caprino.

PULINA, G.; MILÁN, M.; LAVÍN, M.; THEODORIDIS, A.; MORIN, E.; CAPOTE, J.; THOMAS, D.; FRANCESCO, A. y CAJA, G. (2018): «Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors»; *Journal of Dairy Science* 101; pp. 6715-6729.

SALAMA, A. A.; CAJA, G.; SUCH, X.; CASALS, R. y ALBANELL, E. (2005): «Effect of pregnancy and extended lactation on milk production in dairy goats milked once daily»; *Journal of Dairy Science* (88); pp. 3894-3904.

SÁNCHEZ, M.; MARTÍN, D.; FERNÁNDEZ, E. y MUÑOZ-GUTIÉRREZ, E. (2005): «Validación en campo de la metodología de calificación morfológica lineal en las razas caprinas lecheras españolas»; *Feagas* 25; pp. 97-103.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G.; SULLIVAN, P. y VAN DOORMAAL, B. (2008): «Relationship between reproduction traits and functional longevity in Canadian dairy cattle»; *Journal of Dairy Science* 91; pp. 1660-1668.

WATHES, C.; KRISTENSEN, H. H.; AERTS, J. M. y BERCKMANS, D. (2008): «Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall?»; *Computers and electronics in agriculture* (64); pp. 2-10.



Análisis del impacto ambiental de la producción ganadera extensiva y ecológica en la dehesa extremeña

Andrés Horrillo, Paula Gaspar y Miguel Escribano
Universidad de Extremadura

Resumen / Abstract

El trabajo analiza el impacto ambiental de la producción ganadera ecológica en dehesas mediante el estudio de la huella de carbono de siete explotaciones. La metodología utilizada ha sido el análisis de ciclo de vida, teniendo en cuenta tanto las emisiones de gases de efecto invernadero como el secuestro de carbono. Los resultados de las emisiones en las explotaciones estudiadas han resultado ser más bajos que los encontrados en la literatura en explotaciones convencionales, destacando también un mayor secuestro de carbono.

This work analyses the environmental impact of organic livestock production in dehesas based on the study of carbon footprint of seven farms. The methodology used was Life Cycle Analysis, accounting for both greenhouse gas emissions and carbon sequestration. The results showed that emissions on the farms analysed were lower than those found in the literature on conventional farms, with greater carbon sequestration.



1. Introducción

La dehesa, situada en el suroeste de la península ibérica, está considerada uno de los ecosistemas agrícolas más extensos de Europa¹. En concreto, en esta región, cuya orientación productiva principal está centrada en el sector agropecuario, el aprovechamiento de estos ecosistemas con la ganadería extensiva es un de las principales actividades económicas². Extremadura cuenta con una extensión de 4,16 millones de hectáreas, de las cuales 1,9 millones son zonas adehesadas.

El sector ganadero contribuye de forma significativa a las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI). Por esto, la reducción de los GEI y de la huella ecológica del sector ganadero deben ser un objetivo prioritario en la actualidad, que permita satisfacer las necesidades de alimentos de la población mundial en un contexto de crecimiento poblacional y de cambio climático³ y a su vez preserve la calidad medioambiental de ecosistemas como la dehesa.

En este sentido, medir el impacto de las actividades agrícolas y ganaderas en los sistemas extensivos como en las dehesas constituye un objetivo importante, ya que se podrían diferenciar estos sistemas de producción frente a otros más intensificados y con mayor dependencia a la alimentación externa y al uso de combustibles fósiles. Además, los extensivos, a priori, pueden ser más sostenibles ante un escenario de cambio climático tanto en términos económicos como medioambientales⁴.

La explotación ganadera en la dehesa se basa en el uso de los recursos naturales que el medio le ofrece. Una mala gestión de las dehesas puede llevar al estrés y a la presión de estos recursos. Sin embargo, la adaptación de estos sistemas a modelos de gestión más sostenibles como pueden ser los ecológicos pueden contribuir a la lucha contra el cambio climático, mejorando la conservación de sus suelos, el agua y la biodiversidad⁵.

En este horizonte, el suroeste de la península ibérica debe aceptar la coexistencia de múltiples modelos de producción y la agricultura ecológica tiene que tomar parte como alternativa al resto de modalidades. Pero, ¿puede ser la producción ganadera ecológica en dichos ecosistemas una de las estrategias de mitigación para el cambio climático?

Para responder a esta hipótesis es necesario el estudio de las emisiones de GEI de las explotaciones ganaderas ecológicas en áreas de dehesas. Este análisis se realizará por especie, detallando el origen de la huella de carbono generada por cada uno de los aspectos ligados a la producción, con el fin de delimitar su contribución a la huella de carbono global y sentar la posibilidad de establecer este modelo de ganadería sostenible como una alternativa respetuosa con el medioambiente frente a la creciente industrialización del sector.

• • • • •

¹ DEN HERDER *et al.* (2017).

² ESPEJO Y ESPEJO (2006); GRANDA *et al.* (1991) y HERNÁNDEZ (1998).

³ MARTINELLI *et al.* (2020).

⁴ ELDESOUKY *et al.* (2018).

⁵ HERRILLO *et al.* (2020).



2. Material y método

El objetivo del trabajo es el análisis de casos de siete explotaciones ganaderas ecológicas de dehesas y pastizales de Extremadura. Dichas explotaciones son representativas de las principales especies ganaderas de la dehesa. Estas zonas tienen un clima mediterráneo continental, es decir, con temperaturas medias anuales que varían entre los 16 y 17 °C. Los veranos son largos, calurosos y secos, que suelen superar los 26 °C, alcanzando máximas de más 40 °C. Los inviernos son suaves, con una temperatura media de 7,5 °C y con mínimas promedio de 2 °C. Las precipitaciones están distribuidas irregularmente y varían entre los 300 y 800 mm anuales, con grandes diferencias entre años⁶.

2.1. Estudio de casos y recogida de datos

Para el análisis de las explotaciones se utilizó como herramienta la metodología de estudio de casos. Esta técnica permite abordar de manera intensa un objeto de estudio o unidad⁷. De acuerdo con Chetty (1996), esta técnica se utiliza para dar respuestas a fenómenos, describirlos y encontrar las razones por las cuales ocurren. No obstante, hace imposible la extrapolación estadística de los resultados, sin embargo, si los casos son seleccionados adecuadamente, es posible extrapolar los resultados, descubrir principios básicos y contribuir al desarrollo científico⁸.

Los datos se recogieron durante el año 2017 mediante encuestas personales a ganaderos y propietarios de las explotaciones. La encuesta incluía información sobre el uso de la tierra, la producción agrícola y forrajera, áreas de trabajo, composición del rebaño, indicadores reproductivos, rendimientos productivos, gestión de la alimentación, maquinaria e instalaciones, costes y ventas, así como ayudas o subvenciones.

2.2. Descripción de los casos seleccionados

Las explotaciones analizadas se clasificaron según especie y sistema productivo utilizado: a) bovino destete; b) bovino cebo; c) ovino carne corderos 23 kg; d) ovino carne corderos 18,5 kg; e) caprino lechero semiextensivo; f) porcino ibérico acabado en montanera; y g) porcino ibérico ciclo completo. Los indicadores técnicos utilizados para describir las explotaciones se eligieron a partir de los trabajos de Escribano *et al.* (2001b, a, 2002), Martín *et al.* (2001) y Gaspar *et al.* (2007, 2008). A continuación, utilizando los principales indicadores técnicos, se presenta una breve descripción de las siete explotaciones del estudio:

• • • • •

⁶ ESPEJO Y ESPEJO (2006); HERNÁNDEZ (1998); GASPAR *et al.* (2008 y 2007).

⁷ YIN (1984 y 2014)

⁸ FLYVBJERG (2006).



- a) *Bovino destete*: explotación de vacuno en extensivo con una superficie total de 140 ha, siendo un 7,1 % de superficie de cultivo. Cuenta con un trabajador fijo, no se considera explotación familiar. El gasto en alimentación es de unos 266,7 kg forrajes/reproductora/año y 357,3 kg concentrado/reproductora/año. El producto final de esta explotación es la venta de terneros al destete con unos 200-250 kg de peso vivo (p. v.).
- b) *Bovino cebo*: explotación de vacuno en extensivo de pequeñas dimensiones (105 ha) y un 2,9 % de superficie de cultivo. Se considera explotación familiar, que contrata un trabajador fijo todo el año. El gasto en alimentación es de unos 136 kg forrajes/reproductora/año y 325,6 kg concentrado/reproductora/año. El producto final de esta explotación es la venta de terneros de cebo con un peso alrededor de los 500 kg p. v. los machos y de 400 kg de p. v. las hembras.
- c) *Ovino carne corderos 23 kg*: explotación de ovino en extensivo con 370 ha y un 13,5 % de superficie de cultivo. La mano de obra es familiar y asalariada a partes iguales. El gasto en alimentación por oveja es de 44,4 kg forrajes/reproductora/año y 103,7 kg concentrado/reproductora/año y el producto final es la venta de corderos con un peso de 23 kg de p. v.
- d) *Ovino carne corderos 18,5 kg*: explotación de ovino en extensivo con una superficie total de 500 ha. La superficie de cultivo es de 18 % anual. Es una explotación familiar de grandes dimensiones, que también contrata a dos trabajadores fijos. El gasto en alimentación es de 58,8 kg forrajes/reproductora/año y 85,9 kg concentrado/reproductora/año. El producto final es la venta de corderos con 18,5 kg de p. v.
- e) *Caprino lechero semiextensivo*: explotación de pequeñas dimensiones (80 ha), con una superficie de cultivo del 10 %. Mano de obra fija (dos asalariados). El gasto en alimentación por reproductora es de 72,7 kg forrajes/reproductora/año y 353,8 kg concentrado/reproductora/año. El producto final es la venta de leche ecológica.
- f) *Cerdo ibérico acabado en montanera*⁹: explotación de porcino ibérico al 50 % de pureza, de 300 ha, con un 13,3 % de superficie de cultivo. La explotación se abastece de animales mediante la compra de lechones. Es una explotación familiar que contrata un trabajador fijo. El producto final es la venta de cerdos de unos 160 kg de p. v. finalizados en *montanera*.
- g) *Cerdo ibérico ciclo completo*: explotación de porcino ibérico puro 100 %, con una superficie total de 230 ha, disponiendo del 2,2 % de superficie para cultivo. La mano de obra es familiar y asalariada fija. El gasto de alimento por animal presente en la explotación es de 484,4 kg. El producto final es la venta de cerdos con 40 kg para vida y de cerdos de *montanera* con 170 kg de p. v.

• • • • • • • • • •

⁹ La *montanera* es el nombre que se atribuye en la región para el proceso de engorde en libertad de cerdos ibéricos, en el que los animales se mueven libremente por la dehesa y se alimentan principalmente de bellotas (aprox. 10 kg/día) y pastos (aprox. 3-4 kg/día). Esto abarca el periodo de noviembre a febrero (RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ *et al.*, 2009).



2.3. Cálculo de Emisiones de gases de efecto invernadero

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una de las herramientas metodológicas más empleadas para el cálculo del balance de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en explotaciones ganaderas, capaz de cuantificar el impacto ambiental de un producto¹⁰. Gutiérrez-Peña *et al.* (2019) analizan explotaciones de caprino lechero en el sur de España, el análisis de explotaciones de vacuno y ovino en suroeste de España de Eldesouky *et al.* (2018) o el análisis de explotaciones de vacuno lechero en el norte de España de Noya *et al.* (2018) son algunos ejemplos.

El cálculo de la huella de carbono (HC) se realizó siguiendo normas UNE-EN-ISO 2006¹¹, las pautas del IPCC¹² para GEI nacionales y sus reformas posteriores¹³, los inventarios nacionales de emisiones a la atmosfera¹⁴ y una adaptación de la técnica a la metodología expuesta por el Ministerio de agricultura de España con respecto a las características de las áreas analizadas¹⁵.

2.4. Secuestro de carbono en ACV

La metodología utilizada fue el balance de flujos de carbono netos en el sistema ganado-estiércol-pastizales propuesto por Petersen *et al.* (2013) y adaptado a sistemas de características parecidas a los sistemas estudiados¹⁶. La principal diferencia con respecto al IPCC (2006) es el cálculo del secuestro de carbono con una perspectiva de 100 años. Otra de las correcciones introducida al método fue la consideración del cultivo para calcular el secuestro en los sistemas ganado-estiércol-pastizales. En concreto, en sistemas agrícolas extensivos ecológicos, los pastizales y tierras de cultivo pueden considerarse como una opción de mitigación de la huella de carbono¹⁷.

2.5. Límites del sistema y unidad funcional

El alcance del estudio es el denominado «desde la cuna hasta la puerta». Los límites del sistema incluyen todas las fuentes de emisiones dentro y fuera de la explotación. Las emisiones dentro de la explotación se refieren a todas las causadas por el ganado (fermentación entérica, CH₄) y el manejo del estiércol y del suelo y (CH₄ y NO₂). Las de fuera de la explotación se refieren a las emisiones sobre la fabricación y transporte de alimentos para el ganado, el consumo de combustibles, la electricidad, transportes, etc.

• • • • •

¹⁰ BURATTI *et al.* (2017); VAGNONI y Franca (2018) y STANLEY *et al.* (2018).

¹¹ ISO (2006b y 2006a).

¹² IPCC (2006b).

¹³ IPCC (2007 y 2014)

¹⁴ MAPA (2012).

¹⁵ MITECO (2019).

¹⁶ BATALLA *et al.* (2015).

¹⁷ ELDESOUKY *et al.* (2018); STANLEY *et al.* (2018); SOUSSANA *et al.* (2010); TEAGUE *et al.* (2016).



Las emisiones se expresan en dos unidades funcionales, siendo el kg de p. v. por animal vendido (en explotaciones de carne) o el kg de leche estandarizada por grasa y proteína (leche estandarizada FPCM¹⁸) y una segunda, utilizando la hectárea de superficie total de la explotación.

3. Resultados

En el trabajo se describe, en primer lugar, las características técnicas más importantes de las explotaciones analizadas (Tabla 1). En segundo lugar, los resultados del cálculo de las emisiones según los diferentes gases de efecto invernadero (Tablas 2 y 3). Estos últimos, se desglosan en función del tipo de emisión, la especie ganadera y su contribución a la huella de carbono (HC), expresados por kg de CO₂eq por unidad funcional (UF).

3.1. Características técnicas de las explotaciones analizadas

La Tabla 1 muestra las características más significativas de las explotaciones analizadas y sus índices técnicos, con el objetivo de contextualizar los resultados del análisis de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se mostrarán más adelante. Los datos están ordenados por especie ganadera.

Tabla 1.
Características e Indicadores técnicos de las explotaciones incluidas en el estudio

Tipo de explotación	Bovino destete	Bovino cebo	Ovino carne 23 kg p. v.	Ovino carne 18,5 kg p. v.	Caprino lechero semiextensivo	Cerdo ibérico acabado en montanera	Cerdo ibérico ciclo completo
Superficie total (ha)	140	105	370	500	80	300	230
Temperatura anual media (°C)	16,1	15,7	15,6	15,6	15,0	16,0	15,5
Mano de obra fija (UTA ^a)	1,16	1,33	1	2,13	2	1	1,16
Mano de obra familiar (UTA)	-	1	1	1	-	1	1
Núm. hembras reproductoras	75	25	900	1700	110	-	22
Núm. animales destetados/hembra reproductora	0,73	0,68	1,10	1,15	1,7	-	9,2
Carga ganadera total (UGMb/ha)	0,59	0,3	0,44	0,60	0,24	0,18	0,19

• • • • • • • • • •

¹⁸ IDF (2015).



Tabla 1 (cont).
Características e Indicadores técnicos de las explotaciones incluidas en el estudio

Tipo de explotación	Bovino destete	Bovino cebo	Ovino carne 23 kg p. v.	Ovino carne 18,5 kg p. v.	Caprino lechero semiextensivo	Cerdo ibérico acabado en montanera	Cerdo ibérico ciclo completo
Indicadores							
Inputs							
Total kg paja/heno animales reproductivos	266,7	136	44,4	58,8	72,7	-	-
Total kg pienso/animales reproductivos	357,3	325,6	103,7	85,9	353,8	-	484,4
Outputs							
Núm. animales vendidos/animales reproductivos	0,73	0,68	1,1	1	1,44	-	4,6
Litros de leche vendidos/año	-	-	-	-	30.000	-	-
Peso medio (kg) animales vendidos	220	^a 400/500	23	18,5	9	^b 20/150	150
Kg animales destete	12.100	-	22.770	36.075	2.061	-	4.000
kg animales cebo	-	8.500	-	-	-	22.400	17.000
Peso vivo total (kg) producido (UFc)	12.100	8.500	22.770	36.075	2.061	22.400	21.000

^a UTA: Unidad Trabajo Año; ^b UGM: Unidad Ganadera Mayor; c UF: Unidad Funcional (kg peso vivo); ^a400 kg hembras y 500 kg machos. ^b20 kg primales y 150 kg cerdos montanera.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Emisiones de gases de efecto invernadero

La Tabla 2, incluye la contribución de los diversos GEI en los siete sistemas analizados expresados en kg CO₂ eq por UF. También incluye el porcentaje de contribución de los diversos procesos de producción.

En la tabla 2, las explotaciones de porcino ibérico en dehesa muestran los niveles más bajos de HC por UF (2,9-4,2 kg CO₂ eq / kg de peso vivo) entre las especies productoras de carne en la dehesa, seguidas por las de vacuno (16,27-10,43 kg CO₂ eq / kg de peso vivo) y las de ovino (11,42-13,24 kg CO₂ eq / kg de peso vivo) con un nivel similar. Comparando intraespecie, la explotación con engorde de terneros en la propia explotación presenta niveles más bajos de HC que la explotación de venta de terneros al destete. Al igual que ocurre con las de ovino, la explotación con venta a mayor peso de los corderos (23 kg) presenta menores niveles de HC que la de venta a 18,5 kg. Por su parte, la explotación de caprino lechero muestra niveles de 1,19 kg CO₂ eq / kg de leche FPCM.

Por otro lado, según el origen de las emisiones, la mayor parte son debidas a la propia explotación ganadera, variables según especie. En las fincas de vacuno y ovino, destinadas a la producción de carne, se supera el 90 % de las emisiones dentro de la explotación. Por lo tanto, las emisiones por *inputs* son menores del 10 %. En cambio, en las explotaciones de caprino semiextensivo y porcino ibérico, la compra de piensos hace que las emisiones de fuera de la explotación aumenten y los GEI dentro de la explotación se establezcan en un 65 %, menor que las de rumiantes.



Tabla 2.
Huella de carbono por unidad funcional

Emisiones de GEI	Bovino destete		Bovino cebo		Ovino carne 23 kg p. v.		Ovino carne 18,5 kg p. v.		Caprino lechero semitensivo		Cerdo ibérico acabado en montanera		Cerdo ibérico ciclo completo	
	kg CO ₂ eq/kg UF	%	kg CO ₂ eq/kg UF	%	kg CO ₂ eq/kg UF	%	kg CO ₂ eq/kg UF	%	kg CO ₂ eq/kg FPCM	%	kg CO ₂ eq/kg UF	%	kg CO ₂ eq/kg UF	%
Fermentación entérica CH ₄	9,18	56,42	5,41	51,87	9,13	79,95	10,38	78,40	0,51	42,86	0,1	3,41	0,16	3,85
Manejo del estiércol														
CH ₄	1,24	7,62	0,73	7	0,33	2,89	0,38	2,87	0,02	1,68	1,19	40,61	1,46	35,10
N ₂ O directo	0,12	0,74	0,14	1,34	0,33	2,89	0,41	3,10	0,0919	7,72	0,07	3,39	0,06	1,44
N ₂ O indirecto	0,00046	0,00	0,00056	0,01	0,0013	0,01	0,0016	0,01	0,0004	0,03	0,0003	0,01	0,0002	0,00
Manejo del estiércol total	1,36	8,36	0,87	8,35	0,66	5,79	0,79	5,98	0,112	9,44	1,26	43,01	1,52	36,54
Manejo del suelo														
N ₂ O Directo del suelo	4,15	25,51	2,41	23,11	1,11	9,72	1,27	9,59	0,21	17,65	0,34	11,60	0,50	12,02
N ₂ O Indirecto del suelo	0,58	3,56	0,76	7,29	0,22	1,93	0,25	1,89	0	0,00	0,03	1,02	0,05	1,20
Manejo del suelo total	4,73	29,07	3,17	30,39	1,33	11,65	1,52	11,48	0,21	17,65	0,37	12,63	0,55	13,22
Emisiones totales en la explotación	15,27	93,86	9,45	90,61	11,12	97,38	12,69	95,86	0,83	69,94	1,73	59,05	2,07	53,61
Alimentación														
Pienso para vacas	0,1	0,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pienso para terneros cebo	-	-	0,16	1,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pienso para ovejas	-	-	-	-	0,20	1,75	0,06	0,45	-	-	-	-	-	-
Pienso para corderos	-	-	-	-	0,05	0,44	0,09	0,68	-	-	-	-	-	-
Pienso para cabras	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	21,01	-	-	-	-
Pienso crecimiento lechones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grano (trigo, cebada y veza)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,91	31,06	-	-
Paja	0,08	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,57
Heno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Tabla 2 (cont.).
Huella de carbono por unidad funcional

Emisiones de GEI	Bovino destete		Bovino cebo		Ovino carne 23 kg p. v.		Ovino carne 18,5 kg p. v.		Caprino lechero semiextensivo		Cerdo ibérico acabado en montanera		Cerdo ibérico ciclo completo	
	kg CO ₂ eq/ kg UF	%	kg CO ₂ eq/ kg UF	%	kg CO ₂ eq/ kg UF	%	kg CO ₂ eq/ kg UF	%	kg CO ₂ eq/ kg FPCM	%	kg CO ₂ eq/ kg UF	%	kg CO ₂ eq/ kg UF	%
Total alimentación	0,18	1,11	0,16	1,53	0,25	2,19	0,18	1,13	0,25	21,01	0,91	31,06	1,57	37,74
Electricidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14	4,78	0,11	2,64
Combustible														
Producción	0,09	0,55	0,09	0,86	0,005	0,04	0,041	0,31	0,012	1,01	0,017	0,58	0,027	0,65
Combustión	0,73	4,49	0,73	7	0,043	0,38	0,36	2,72	0,098	8,24	0,14	4,78	0,23	5,53
Total Combustible	0,82	5,04	0,82	7,86	0,048	0,42	0,403	3,03	0,11	9,24	0,16	5,36	0,25	6,01
Emisiones totales fuera de la explotación														
Total HC kg CO ₂ eq / UF	1	6,15	0,98	9,40	0,30	2,61	0,58	4,16	0,36	30,25	1,20	41,19	1,93	46,39
Total kg de CO ₂ eq	16,27	100	10,43	100	11,42	100	13,24	100	1,19	100	2,94	100	4,16	100
Total kg de CO ₂ eq / ha	200.857		90.454		260.314		477.724		40.635		67.267		97.153	
	1434,7		861,5		717,9		974,9		518,3		224,2		422,4	

Fuente: elaboración propia.



Dentro de las emisiones totales de la explotación, la fermentación entérica en las explotaciones de rumiantes oscila entre el 79,95 % y el 42,86 % de las emisiones totales. Esta se vincula a la extensificación de estos sistemas y a la dieta de pastoreo de los animales. Por otro lado, cuando se habla de monogástricos como el porcino, las emisiones por CH_4 entérico se reducen considerablemente, pasando a porcentajes del 3,41 % y 3,85 % en porcino ibéricos en extensivo. Por el contrario, en las explotaciones de ganado porcino a diferencia de las de rumiantes, la mayor parte de emisiones proceden de la gestión del estiércol, concretamente del N_2O directo del manejo del estiércol 36,54 % - 43,01 %, respectivamente.

También ha sido evaluada la gestión del suelo y las emisiones de N_2O directas e indirectas resultantes. En este análisis, se debe tener en cuenta que todas las explotaciones son ecológicas y los sistemas de producción se adecuan a cada especie, aunque presenten características comunes. La más importante y a tener en cuenta es que todos los animales pasan al menos un 90 % del tiempo pastando y, por consiguiente, propagando los excrementos directamente en el suelo. Los resultados (Tabla 2) muestran ciertas diferencias entre especies y entre tipo de manejo. La estimación de GEI en suelo (total) está entre los 4,73 kg CO_2 eq / UF (30,28 %) y los 0,21 kg CO_2 eq / UF. Estos GEI resultantes del manejo del suelo provienen mayormente del N_2O directo, ya que las cantidades calculadas para las emisiones indirectas resultaron ser mínimas porque no existe acumulación de estiércol.

En relación con los *inputs* de las explotaciones, la Tabla 2 incluye el combustible tanto el de generación como el de consumo, electricidad, compra de alimentos ganaderos para cada especie, edad y tipo de animal. Las emisiones causadas por estos *inputs* crean diferencias importantes entre especies, al igual que las encontradas para las emisiones de CH_4 por fermentación entérica. Las explotaciones de vacuno y ovino del trabajo están entre el 2,61 % y el 9,4 % de GEI atribuidos a emisiones fuera de la explotación. Por el contrario, en las dos explotaciones de porcino y en la de caprino semiextensivo, estos toman gran importancia, sobre todo, la compra de alimentos (21,01 % - 37,74 %), indicando que la autosuficiencia de las explotaciones a base de pastoreo o autoproducción de alimentos es esencial y la compra de alimentos debería quedar relegada a un segundo plano.

3.3. Secuestro de carbono

La Tabla 3 muestra los resultados del secuestro de carbono referentes a la función de las explotaciones como sumideros de GEI y los resultados del secuestro de carbono de las siete explotaciones del estudio. Estos valores se expresan como el total de CO_2 eq fijado tanto por unidad funcional (UF=kg de peso vivo o kg de leche FPCM) como por hectárea. Además, se incluyen los totales de kg de CO_2 fijado por el pasto y los cultivos, y el de kg de CO_2 fijado proveniente del N deyectado en el estiércol y durante el pastoreo. El CO_2 eq proveniente de los pastos y los cultivos se obtiene a partir del cálculo de los kg de materia seca (MS) que contiene la explotación, en particular. La estimación de la MS de los pastos para cada explotación se obtuvo según la localización y la conformación de las fincas.



Tabla 3.
Secuestro de carbono

Secuestro de CO ₂	Bovino destete	Bovino cebo	Ovino carne 23 kg p. v.	Ovino carne 18,5 kg p. v.	Caprino lechero semiextensivo	Cerdo ibérico acabado en montanera	Cerdo ibérico ciclo completo
Carbono de los residuos de pastos y cultivos							
Residuos del pasto (kg MS) ^a	276.640	217.056	486.400	623.200	153.216	553.280	478.800
Kg carbono por encima del suelo	32.760	25.704	57.600	73.800	18.144	65.520	56.700
Kg carbono por debajo del suelo	91.728	71.971	161.280	206.640	50.803	183.456	158.760
Residuos de los cultivos (kg MS)	101.840	30.552	408.880	735.984	71.829	327.104	319.200
Kg carbono por encima del suelo	12.060	3.618	48.420	87.156	8.506	38.736	37.800
Kg carbono por debajo del suelo	33.768	10.130	135.576	244.037	23.817	241.024	235.200
Total kg CO ₂ eq pastos + cultivos	624.492	408.553	1.477.212	2.242.653	371.325	1.452.634	1.316.700
Carbono procedente del N orgánico (estiércol-pastos)							
Kg N excretado	5.955	2.694	8.648	16.095	2.838	3.323	3.798
Kg C del estiércol aplicado	3.638	2.177	10.571	20.517	5.801	216	185
Kg C durante el pastoreo	15.715	6.578	17.534	31.791	4.879	1.944	2.284
Total kg CO ₂ eq estiércol+suelo ^c	70.962	32.102	103.050	191.796	33.820	7.919	9.052
Total kg CO ₂ eq por explotación	695.454	440.655	1.580.262	2.434.450	405.144	1.460.553	1.325.753
Total kg CO ₂ eq estiércol+suelo/ha	507	306	279	384	517	135	201
Total kg CO ₂ eq por explotación/ha	4.968	4.197	4.271	4.869	5.064	3.646	3.712
Kg CO ₂ secuestro pastos+cultivos	62.449	40.855	147.721	224.265	37.132	145.263	131.670
Kg CO ₂ secuestro estiércol+suelo	7.096	3.210	10.305	19.180	3.382	792	905
Kg CO ₂ secuestro total	69.545	44.066	158.026	243.445	40.514	146.055	132.575
CO ₂ secuestro total (kg CO ₂ eq UF ⁻¹ año ⁻¹) ^d	5,75	5,18	6,94	6,75	1,19	6,52	6,31
CO ₂ secuestro total (kg CO ₂ eq ha ⁻¹ año ⁻¹)	497	420	427	487	506	487	576
HC compensada							
HC compensada por UF (kg de CO ₂ eq por UF)	10,52	5,25	4,48	6,49	0	-3,58	-2,15
HC compensada por ha (kg de CO ₂ eq por ha)	938	442	291	488	12	-263	-154

^a Se ha estimado que los residuos de los pastos representan el 40 % de la producción total de los mismos, con un contenido de carbono del 45 %.

^b Según IPCC (2006b): el factor de expansión por defecto para la biomasa bajo tierra en los pastos semiáridos es de 2,8.

^c El factor de conversión de N a C es de 13/4 y de 44/12 para el C a CO₂.

^d Se considera un secuestro anual de C del 10 %.

Fuente: elaboración propia.



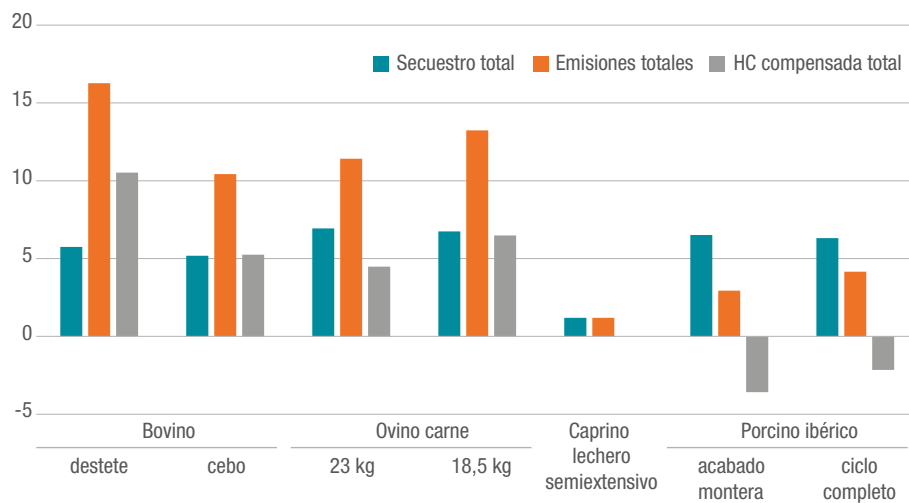
Se evaluaron valores de entre 1.000 y 1.400 kg de media por hectárea entre las distintas explotaciones¹⁹. En el caso del N se calcula a través de las deyecciones de los animales, asignando esta entre el fijado a través del reparto del estiércol y el acumulado en el pasto durante el pastoreo. Esta operación se realiza por cada grupo de edad de la explotación, siendo el N excretado diferente según la edad y el tipo del animal.

El resultado final en cuanto a la fijación de carbono refleja que se almacena una cantidad de entre 419,7 y 576,4 kg de CO₂ eq/ha, lo que pone de manifiesto la importancia de la producción ganadera en extensivo, donde los pastos y los animales (sus deyecciones) juegan un papel fundamental en estos sistemas agroganaderos.

Por último, en el Gráfico 1, se representan la combinación de los resultados de HC, secuestro de carbono y la HC compensada por UF.

Gráfico 1.

Huella de carbono, secuestro de carbono y huella de carbono compensada. En kg de CO₂ eq por UF⁻¹ año⁻¹



Fuente: elaboración propia.

• • • • •

¹⁹ OLEA y MIGUEL-AYANZ (2006) y MAYA *et al.* (2017).



4. Conclusiones

El impacto de la producción ganadera en el medioambiente es especialmente sensible para la sociedad. Actualmente, el cambio climático, la emisión de gases de efecto invernadero y el calentamiento global se asocian directamente con la ganadería. Sin embargo, no todos estos sistemas emiten y/o compensan con la misma intensidad. Por ejemplo, en los extensivos, el secuestro de carbono puede compensar estas emisiones²⁰.

La bibliografía científica cada vez cuenta con un mayor número de estudios de HC en ganadería²¹. Sin embargo, los resultados y conclusiones de estos trabajos son difíciles de comparar debido a los diferentes contextos productivos, la metodología utilizada y, así como, la definición de la unidad funcional²². A esto se suma el número reducido de estudios en ganadería ecológica.

El trabajo analiza la HC de la producción ganadera ecológica con un enfoque de ACV, que ha permitido cuantificar el balance de GEI en el proceso productivo, diferenciándolo en función de su origen (fermentación entérica, gestión del estiércol, gestión del suelo, *inputs* de alimentación y consumo de energía). Sin embargo, la particularidad de estos sistemas ecológicos es la capacidad de aprovechamiento de los pastos que redundan en un menor consumo de alimentos que procedan de fuera de la explotación y, de forma paralela, esa técnica de pastoreo mejora la calidad del pasto aumentando el secuestro de carbono en suelo.

La capacidad de secuestro de carbono en suelo de estos sistemas ganaderos en dehesas se debe a la superficie territorial que disponen, ya que compensa gran parte de las emisiones emitidas por el ganado. En el caso de las explotaciones de rumiantes, las emisiones son compensadas entre un 35 % y un 89 %, llegando al 100 % en el caso del caprino de leche, y en el del porcino ibérico el secuestro de carbono es superior al de las emisiones. A raíz de estos resultados y destacando la particularidad del manejo extensivo del ganado en estos ecosistemas, se podría decir que la producción ganadera ecológica es una estrategia adecuada de mitigación de GEI y reducción del cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo y la financiación proporcionada por la Junta de Extremadura y los Fondos FEDER dentro del V Plan Regional de I+D+i (2014-2017) a través del Proyecto de Investigación GanEcoEx (referencia del proyecto IB16057) que ha hecho posible esta investigación.

²⁰ ELDESOUKY *et al.* (2018).

²¹ SYKES *et al.* (2019); HIETALA *et al.* (2015); JAYASUNDARA *et al.* (2019); ARRIETA y GONZÁLEZ (2019); CARDOSO *et al.* (2016); ALEMU *et al.* (2017); FLORINDO *et al.* (2017); KANYARUSHOKI *et al.* (2009); ROBERTSON *et al.* (2015); PARDO *et al.* (2016); CASEY y HOLDEN (2006) y TSUTSUMI *et al.* (2018).

²² GUTIÉRREZ-PEÑA *et al.* (2019) y BERNUÉS *et al.* (2017).



Referencias Bibliográficas

ALEMU, A. W.; JANZEN, H.; LITTLE, S.; HAO, X.; THOMPSON, D. J.; BARON, V.; IWAASA, A.; BEAUCHEMIN, K. A. y KRÖBEL, R. (2017): «Assessment of grazing management on farm greenhouse gas intensity of beef production systems in the Canadian Prairies using life cycle assessment»; en *Agricultural Systems* 158; pp. 1-13. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.08.003>.

ARRIETA, E. M. y GONZÁLEZ, A. D. (2019): «Energy and carbon footprints of chicken and pork from intensive production systems in Argentina»; en *Science of the Total Environment* 673. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.002>.

BATALLA, I.; KNUDSEN, M. T.; MOGENSEN, L.; DEL HIERRO, Ó.; PINTO, M. y HERMANSEN, J. E. (2015): «Carbon footprint of milk from sheep farming systems in Northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands»; *Journal of Cleaner Production* 104; pp. 121-129.

BERNUÉS, A.; RODRÍGUEZ-ORTEGA, T.; OLAIZOLA, A. M. y RIPOLL BOSCH, R. (2017): «Evaluating ecosystem services and disservices of livestock agroecosystems for targeted policy design and management»; *Grassland Science in Europe* 22; pp. 259-267.

BURATTI, C.; FANTOZZI, F.; BARBANERA, M.; LASCARO, E.; CHIORRI, M. y CECCHINI, L. (2017): «Carbon footprint of conventional and organic beef production systems: An Italian case study»; *Science of the Total Environment* 576; pp. 129-137. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.075>.

CARDOSO, A. S.; BERNDT, A.; LEYTEM, A.; ALVES, B. J. R.; DE CARVALHO, I. DAS N. O.; DE BARROS SOARES, L. H.; URQUIAGA, S. y BODDEY, R. M. (2016): «Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use»; *Agricultural Systems* 143; pp. 86-96.

CASEY, J. W. y HOLDEN, N. M. (2006): «Greenhouse gas emissions from conventional, agri-environmental scheme, and organic irish suckler-beef units»; *Journal of Environmental Quality*.

CHETTY, S. (1996): «The case study method for research in small-and medium-sized firms»; *International Small Business Journal* 15(1); pp. 73-85.

DEN HERDER, M.; MORENO, G.; MOSQUERA-LOSADA, R. M.; PALMA, J. H. N.; SIDIROPOULOU, A.; SANTIAGO FREIJANES, J. J.; CROUS-DURAN, J.; PAULO, J. A.; TOMÉ, M.; PANTERA, A.; PAPANASTASIS, V. P.; MANTZANAS, K.; PACHANA, P.; PAPADOPOULOS, A.; PLIENINGER, T.; BURGESS, P. J. (2017): «Current extent and stratification of agroforestry in the European Union»; *Agriculture, Ecosystems & Environment* 241; pp. 121-132. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880917301159>.

ELDESOUKY, A.; MESIAS, F. J.; ELGHANNAM, A. y ESCRIBANO, M. (2018): «Can extensification compensate livestock greenhouse gas emissions? A study of the carbon footprint in Spanish agroforestry systems»; *Journal of Cleaner Production* 200; pp. 28-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.279>.



ESCRIBANO, M.; MESÍAS, F. J. y RODRIGUEZ DE LEDESMA, A. (2001a): «Relationship between the farm size and the stocking rate in extensive sheep systems»; *Livestock Research for Rural Development* (13)3; pp. 5. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/3/escrab133.htm>.

ESCRIBANO, M.; RODRÍGUEZ DE LEDESMA, A.; MESÍAS, F. J. y PULIDO, F. (2001b): «Tipología de sistemas adeshados»; *Archivos de Zootecnia* 50; pp. 411-414.

ESCRIBANO, M.; RODRÍGUEZ DE LEDESMA, A.; MESÍAS, F. J. y PULIDO, F. (2002): «Niveles de cargas ganaderas en la dehesa extremeña»; *Archivos de zootecnia* 51; pp. 315-326. Disponible en: http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/495/49519503/49519503_1.html.

ESPEJO, M. y ESPEJO, A. M. (2006): «Los sistemas tradicionales de Explotación y la aplicación de innovaciones tecnológicas de la dehesa»; *Gestión Ambiental y Económica del Ecosistema Dehesa en la Península Ibérica*. Mérida, Junta de Extremadura, Consejería de Infraestructuras y Desarrollo Tecnológico; pp. 177-200.

FLORINDO, T. J.; DE MEDEIROS FLORINDO, G. I. B.; TALAMINI, E.; DA COSTA, J. S. y RUVIARO, C. F. (2017): «Carbon footprint and Life Cycle Costing of beef cattle in the Brazilian midwest»; *Journal of Cleaner Production* 147; pp. 119-129. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617300288>.

FLYVBJERG, B. (2006): «Five Misunderstandings About Case-Study Research»; *Qualitative Inquiry* 12(2); pp. 219-245. Disponible en <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1077800405284363>.

GASPAR, P.; ESCRIBANO, M.; MESÍAS, F. J.; LEDESMA, A. R. y PULIDO, F. (2007): «Sheep farms in the Spanish rangelands (dehesas): Typologies according to livestock management and economic indicators»; *Small Ruminant Research* 74(1-3); pp. 52-63. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921448807000971>.

GASPAR, P.; MESÍAS, F. J.; ESCRIBANO, M.; RODRIGUEZ DE LEDESMA, A. y PULIDO, F. (2007): «Economic and management characterization of dehesa farms: Implications for their sustainability»; *Agroforestry Systems* 71(3); pp. 151-162.

GRANDA, M.; MORENO, V. y PRIETO, P. M. (1991): *Pastos naturales en la dehesa extremeña*, Badajoz.

GUTIÉRREZ-PEÑA, R.; MENA, Y.; BATALLA, I. y MANCILLA-LEYTÓN, J. M. (2019): «Carbon footprint of dairy goat production systems: A comparison of three contrasting grazing levels in the Sierra de Grazalema Natural Park (Southern Spain)»; *Journal of Environmental Management* 232; pp. 993-998. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.005>.

HERNÁNDEZ, C.G. (1998): «Ecología y fisiología de la dehesa»; *La Dehesa, Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales*. Editorial ed. Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. La Dehesa; pp. 53-94. Madrid.



HIETALA, S.; SMITH, L.; KNUDSEN, M. T.; KURPPA, S.; PADEL, S. y HERMANSEN, J. E. (2015): «Carbon footprints of organic dairying in six European countries-real farm data analysis»; *Organic Agriculture* 5(2); pp. 91-100.

HORRILLO, A.; GASPAR, P. y ESCRIBANO, M. (2020): «Organic Farming as a Strategy to Reduce Carbon Footprint in Dehesa Agroecosystems: A Case Study Comparing Different Livestock Products»; *Animals* 10(1); pp. 162. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/1/162>.

IDF (2015): *A Common Carbon Footprint Approach for the Dairy Sector. The IDF guide to standard life cycle assessment methodology*.

IPCC (2006a): «Capítulo 6. Pastizales»; Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Ed. IGES. Japón.

IPCC: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (eds).*, Ed. IGES, ISBN-92-9169-320-0, Japan, 2006b.

IPCC (2007): *Mitigación del Cambio Climático: Contribución del Grupo de trabajo III al cuarto informe de evaluación del IPCC, vol. 4*. Ed. Cambridge University Press. Suiza, Ginebra.

IPCC (2014): «Mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas»; *Cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Suiza, Ginebra.

ISO (2006a): «International Standard 14040:2006»; *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Ed. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. ISO 14040, International Organization for Standardization. Suiza, Ginebra.

ISO (2006b): «International Standard 14044:2006»; *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Ed. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. ISO 14044, International Organization for Standardization. Suiza, Ginebra. Disponible en: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11367-011-0297-3>.

JAYASUNDARA, S.; WORDEN, D.; WEERSINK, A.; WRIGHT, T.; VANDERZAAG, A.; GORDON, R. y WAGNER-RIDDLE, C. (2019): «Improving farm profitability also reduces the carbon footprint of milk production in intensive dairy production systems»; *Journal of Cleaner Production* 229; pp. 1018-1028. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.013>.

KANYARUSHOKI, C.; FUCHS, F. y VAN DER WERF, H. (2009): «Environmental evaluation of cow and goat milk chains in France»; en NEMECEK, T. y GAILLARD, G., eds.: «Proceedings of the 6th International Conference on LCA in the Agri-food Sector – towards a Sustainable Management of the Food Chain. Agroscope Reckenholz»; *The International Journal of Life Cycle Assessment* 13(1); pp. 75-86. Disponible en: <http://orgprints.org/id/eprint/15519>.



MAPA (2012): «Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012»; *Análisis por Actividades SNAP*, vol. 2; pp. 1-148. Madrid. Ed. Centro de Publicaciones. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/10Agricultura_tcm30-179140.pdf.

MARTÍN, M.; ESCRIBANO SÁNCHEZ, M.; MESÍAS DÍAZ, M.; RODRIGUEZ DE LEDESMA, A. y PULIDO GARCÍA, F. (2001): «Sistemas extensivos de producción animal»; *Archivos de Zootecnia* 50(192); 465-489.

MARTINELLI, G.; VOGEL, E.; DECIAN, M.; FARINHA, M. J. U. S.; BERNARDO, L. V. M.; BORGES, J. A. R.; GIMENES, R. M. T.; GARCIA, R. G. y RUVIARO, C. F. (2020): «Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added»; *Sustainable Production and Consumption* 24; pp. 181-193. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352550920302190>.

MAYA, V.; LÓPEZ, F. y GRAGERA FACUNDO, J. (2017): «Producción y calidad de mezclas forrajeras cereal-leguminosa de secano en Extremadura»; pp. 1-8. España, Barcelona (Spain).

MITECO (2019): *Informe de inventario nacional gases de efecto invernadero*. Madrid. Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica. Ed. Centro de Publicaciones; pp. 990. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEL.aspx>.

NOYA, I.; GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; BERZOSA, J.; BAUCELLS, F.; FEIJOO, G. y MOREIRA, M. T. (2018): «Environmental and water sustainability of milk production in Northeast Spain»; *Science of the Total Environment*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.186>.

OLEA, L. y MIGUEL-AYANZ, A. S. (2006): «The Spanish dehesa, a traditional Mediterranean silvopastoral system»; pp. 1-15. Badajoz.

PARDO, G.; MARTIN-GARCIA, I.; ARCO, A.; YÁÑEZ-RUIZ, D.; MORAL, R. y DEL PRADO, A. (2016): *Greenhouse-gas mitigation potential of agro-industrial by-products in the diet of dairy goats in Spain: A life-cycle perspective*. DOI-10.1071/AN15620.

PETERSEN, B. M.; KNUDSEN, M. T.; HERMANSEN, J. E. y HALBERG, N. (2013): «An approach to include soil carbon changes in life cycle assessments»; *Journal of Cleaner Production*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.007>.

ROBERTSON, K.; SYMES, W. y GARNHAM, M. (2015): «Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand»; *Journal of Dairy Science* 98(7); pp. 4279-4293.

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V.; GARCÍA, A.; PEÑA, F. y GÓMEZ, A. G. (2009): «Foraging of Iberian fattening pigs grazing natural pasture in the dehesa»; *Livestock Science* 120(1-2); pp. 135-143. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2008.05.006>.



SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T. y BLANFORT, V. (2010): «Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands»; *Animal* 4(3); pp. 334-350.

STANLEY, P. L.; ROWNTREE, J. E.; BEEDE, D. K.; DELONGE, M. S. y HAMM, M. W. (2018): «Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems»; *Agricultural Systems* 162; pp. 249-258. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.02.003>.

SYKES, A. J.; TOPP, C. F. E. y REES, R. M. (2019): «Understanding uncertainty in the carbon footprint of beef production»; *Journal of Cleaner Production* 234; pp. 423-435. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.171>.

TEAGUE, W. R.; APFELBAUM, S.; LAL, R.; KREUTER, U. P.; ROWNTREE, J. ; DAVIES, C. A.; CONSER, R.; RASMUSSEN, M.; HATFELD, J.; WANG, T.; WANG, F. y BYCK, P. (2016): «The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America»; *Journal of Soil and Water Conservation* 71(2); pp. 156-164.

TSUTSUMI, M.; ONO, Y.; OGASAWARA, H. y HOJITO, M. (2018): «Life-cycle impact assessment of organic and non-organic grass-fed beef production in Japan»; *Journal of Cleaner Production* 172; pp. 2513-2520. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.159>.

VAGNONI, E. y FRANCA, A. (2018): «Transition among different production systems in a Sardinian dairy sheep farm: Environmental implications»; *Small Ruminant Research* 159; pp. 62-68. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.12.002>.

YIN, R. K. (1984): «Case study research and applications: Design and methods»; *Thousand Oaks, CA: Sage* 5; pp. 1-53.

YIN, R. K. (2014): *How to know whether and when to use the case study as a reserach method*.



Hacia una ganadería intensiva más sostenible

Experiencias y proyectos piloto de la Fundación Global Nature

Jordi Domingo y Eduardo De Miguel
Fundación Global Nature

Resumen / Abstract

La industria cárnica es ya el cuarto sector industrial de España. Produce el 450 % de la carne que consume, representa el 22,6 % de todo el sector alimentario, el 2,24 % del PIB total español y el 23,8 % de la ocupación total de la industria alimentaria española, con una exportación anual de 3,2 millones de toneladas.

Para mantener este sector tan competitivo, los cambios de modelos de consumo exigen afrontar con urgencia muchos de los graves retos ambientales derivados de la intensificación ganadera, incluido el bienestar animal, los modelos de cebo, la estabulación masiva, la inadecuada gestión de purines y excrementos, la importación de proteínas vegetales, que destruye otros territorios y desplaza la producción de proteína autóctona, o la desaparición del pastoreo rotacional y extensivo.

Los nuevos modelos ganaderos pasan por la conservación y promoción de sistemas de ganadería extensiva, al menos para los animales reproductores, la recuperación del patrimonio genético autóctono, la inclusión de indicadores de la biodiversidad en certificaciones y el desarrollo de estrategias para la gestión de pastos, el manejo de nutrientes y fertilización de pastizales, el control de plagas y enfermedades, la cosecha de forrajes y la adaptación al cambio climático.

The meat industry is already the fourth industrial sector in Spain, which produces 450 % of the meat it consumes, represents 22.6 % of the entire food sector, 2.24 % of the total Spanish GDP and 23.8 % of the total employment of the Spanish food industry, with an annual export of 3.2 million tons.

To keep this sector so competitive, changes in consumption models require that many of the serious environmental challenges arising from livestock intensification should be addressed urgently, including



animal welfare, feeding models, housing, inadequate management of slurry and excrements, the importation of vegetable proteins that destroys other territories and displaces the production of indigenous protein or the disappearance of rotational and extensive grazing.

The new livestock models require the conservation and promotion of extensive livestock systems, at least for breeding stocks, the recovery of the indigenous breeds, the inclusion of biodiversity indicators in certifications and the development of strategies for pasture and nutrient management, pasture fertilization, pest and disease control, forage harvesting and adaptation to climate change.

1. La producción cárnica y láctea en España

La producción ganadera intensiva, con modelos de cebo industrial y explotaciones lácteas cada vez mayores, crece en España a un ritmo acelerado. Este incremento, que coincide con un consumo decreciente de carne, se compensa por el fuerte aumento de las exportaciones. La industria cárnica es ya el cuarto sector industrial de nuestro país, por detrás de la industria automovilística y la del petróleo y combustibles.

«Producimos el 450 % de la carne que consumimos. Habría suficiente para alimentar a 211 millones de personas»

Justicia Alimentaria. 'La cara oculta de la carne low-cost'



Según datos de ANICE (Asociación Nacional de Industrias Cárnicas de España), la industria cárnica representa una cifra de negocio de 26.882 millones de euros, el 22,6 % de todo el sector alimentario español, lo que supone aproximadamente el 2,24 % del PIB total español (a precios de mercado) y el 23,8 % de la ocupación total de la industria alimentaria española. Un dato muy relevante es que la industria cárnica exportó más de 3,2 millones de toneladas de carnes, despojos y productos



elaborados de todo tipo. Los datos provisionales de la Encuesta de Sacrificio del MAPA cierran el año 2020 con cifras récord en la producción española de carne, con 7,6 millones de toneladas y un crecimiento interanual del 5,1 %. El sector porcino mantiene un crecimiento interanual del 8,2 %, con 5 millones de toneladas, y supone ya el 66,5 % de la producción total de carne en España.

El sector lácteo, por su parte, genera 60.000 empleos directos, factura 9.500 millones de euros y supone un 2 % de la producción industrial de España.



2. Los retos ambientales de la producción cárnica y láctea

Esta producción de carne, leche y derivados, fundamentalmente industrial, con ganado estabulado o con áreas de pastoreo muy limitadas, donde la mayor parte de la alimentación proviene de fuera de la explotación, conlleva graves impactos ambientales como, entre otros: la concentración de purines y excrementos, y su no siempre correcta gestión, provocando la contaminación de acuíferos; la importación de proteínas vegetales, que destruye otros territorios y desplaza la producción de proteína autóctona en España, que es esencial en las rotaciones tradicionales de nuestros cultivos; y la desaparición del pastoreo rotacional y extensivo, que empobrece muchos ecosistemas ibéricos y favorece su simplificación o la proliferación de incendios.

Pero es una falacia enfrentar constantemente la ganadería extensiva con la intensiva, como dos modelos completamente separados, donde la primera se considera perfectamente respetuosa con el medioambiente, e incluso necesaria para el manejo de nuestros hábitats, y la segunda como la única que genera impactos, ya que no nos podemos olvidar que prácticamente la totalidad de los terneros y corderos que producen las vacas y ovejas que se pastorean en extensivo, se ceban posteriormente de manera intensiva y estabulados. Estos animales no serían rentables y no pastarían estos espacios si no existiera esta producción posterior de carnes estabuladas.



La Fundación Global Nature trabaja desde 1993 en la conservación y promoción de sistemas de ganadería extensiva que permitan la recuperación de la biodiversidad en la dehesa extremeña, en los humedales costeros valencianos y del interior peninsular, y en las áreas esteparias de La Mancha o Navarra. También promueve, en fincas de su propiedad, la conservación de determinadas razas de ganado autóctono en peligro de extinción como la vaca blanca cacereña y la oveja merina negra o razas de gallinas autóctonas en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA).

Pero como no se puede mirar solo una de las dos caras de la moneda, la Fundación decidió trabajar hace ya una década en modelos de ganadería intensiva más respetuosos con el medioambiente, desarrollando diferentes proyectos piloto en los que se colabora con productores de carne y leche, en un intento de implementar modelos de aprovisionamiento y de producción más sostenibles, con nuevas técnicas de gestión y tecnologías innovadoras.

La sostenibilidad no es una meta, sino que es un proceso de mejora continua, y así hay que entenderlo cuando se trabaja en el progreso de cualquier sector industrial.

A continuación, se resumen varias de estas acciones como ejemplo de modelos que se pueden implementar a mayor escala.



3. Proyecto ‘Alimentos y Biodiversidad’

El objetivo de esta estrategia es la inclusión de criterios probiodiversidad, junto a otros ambientales, en estándares, certificaciones o etiquetas agroalimentarias ya existentes. Es decir, no se busca crear una nueva certificación, sino en reforzar los estándares ya existentes ofreciendo una situación beneficiosa para todas las partes implicadas en la cadena alimentaria. El proyecto abarca tanto producciones animales como vegetales en varios países europeos y se comenzó con el apoyo del programa europeo LIFE (Life Food and Biodiversity).

Para el caso de la producción de piensos y forrajes para la ganadería, hay que entender que, además de depender de la biodiversidad, estas producciones pueden crear dicha biodiversidad y que la calidad de la alimentación de los animales está directamente relacionada con la calidad del producto obtenido.

Se han desarrollado cinco estrategias relacionadas directamente con la ganadería y que ayudan a la consecución de los objetivos del proyecto:

1. Gestión de pastos permanentes y perennes.
2. Manejo de nutrientes y fertilización de pastizales.
3. Control de plagas y control vegetal.
4. Cosecha y siega de forrajes.
5. Gestión de ganado y pastoreo.

Siguiendo el objetivo principal del proyecto, se ha realizado un análisis de 54 estándares del sector agroalimentario y de los requisitos a los que están sometidos las diferentes empresas del sector dentro de sus cadenas de suministros. Se ha trabajado dando apoyo a entidades certificadoras para que incluyan criterios eficaces de biodiversidad en sus planes y motivando a las empresas de transformación y distribuidores minoristas de alimentos para que incluyan criterios de biodiversidad en sus códigos de aprovisionamiento.

Para conseguir los anteriores objetivos se ha formado a certificadores, auditores y responsables de calidad y producto dentro de las diferentes empresas, y se ha creado e implementado un sistema de monitorización de la biodiversidad, dando difusión de los resultados obtenidos a las entidades certificadoras.

Los resultados detallados del proyecto se pueden consultar en las publicaciones relacionadas con él como son: la *Guía fácil sobre criterios de biodiversidad en estándares, sellos y normas de empresas*, el *Informe de recomendaciones para conservar la biodiversidad, Ganadería y producción de pastos o Ganadería de producción láctea*.



Tabla 1.
Estrategias implementadas para estudiar la biodiversidad y cuáles han sido sus beneficios

Estrategias	Beneficios para la biodiversidad
Degradación y destrucción de ecosistemas	<p>Protección de hábitats primarios, seminaturales y áreas protegidas</p> <p>Las entidades de certificación y empresas del sector deben dejar bien definidos sus criterios internos de «ecosistemas primarios».</p> <p>La protección de hábitats debe estar dentro de los objetivos a tratar por las empresas. Los estándares europeos/nacionales/regionales deben incluir criterios orientados a evitar impactos como los hacen en la mayoría de los países de la Unión Europea.</p>
	<p>Corredores ecológicos</p> <p>Crear planes de gestión que incluyan la evaluación de la situación de partida de las explotaciones, para introducir nuevas áreas y elementos de conservación de los ecosistemas, pudiendo evaluar cómo evoluciona y mejora la biodiversidad su explotación.</p>
	<p>Infraestructuras ecológicas y áreas de compensación</p> <p>Los estándares y normas de las empresas deben incluir criterios para crear superficies de interés ecológico como se prevé en el marco de la política agraria común (PAC). Las empresas deben definir qué tipo de superficies de interés ecológico desean o pueden albergar las explotaciones con las que trabajan para cubrir sus mínimos de calidad.</p>
Sobre explotación de recursos naturales	<p>Uso de nitrógeno, fósforo y fertilidad del suelo</p> <p>Los estándares y empresas deben exigir el cumplimiento de unos indicadores basados en criterios más amplios y ambiciosos que los requeridos por la condicionalidad de la PAC como, por ejemplo, pueden ser los balances de nutrientes basados en análisis de plantas y suelo, los límites en la aplicación de nutrientes basados en los umbrales de tolerancia, el momento de aplicación de los fertilizantes y las características que rodean la explotación.</p>
	<p>Protección de cultivos, restricciones</p> <p>Los estándares y sellos deben definir cómo y con qué criterios quieren fomentar la biodiversidad con respecto a temas como el uso preventivo de herbicidas y otros plaguicidas, y que deben ser utilizados solo cuando son la única alternativa posible. Se debe fomentar la diversidad de especies y la variedad de infraestructuras ecológicas, ya que aumenta la estabilidad de los cultivos y reduce la presión de plagas.</p> <p>Las actividades certificadas deberían poder demostrar unas acciones en constante mejora en lo referente al uso de fertilizantes, pesticidas o herbicidas, y todo orientado hacia sistemas integrados de gestión.</p>
	<p>Densidad de ganado e intensidad del pastoreo</p> <p>La gestión ganadera es totalmente compatible y necesaria para la conservación adecuada de la biodiversidad en pastos. La carga ganadera exigida en España y marcada por la PAC es de 1,4 UGM/ha, pero diversos estudios dentro de la Unión Europea han demostrado que son necesarias cargas ganaderas más bajas para la conservación de la biodiversidad.</p>
	<p>Gestión del riego</p> <p>Los estándares y empresas deberían vincular el uso excesivo de agua en, por ejemplo, producciones forrajeras, como un mal desempeño agronómico, que conlleva mayores costes económicos y un incremento de la probabilidad de enfermedades fúngicas, aumento de sensibilidad a plagas, etc.</p> <p>Las entidades certificadoras tienen que brindar asistencia a las explotaciones en todo lo referente a estudios sobre técnicas agronómicas específicas, sistemas de riego, etc. para fomentar un menor consumo.</p>
Protección de especies y especies exóticas invasoras	<p>Uso de flora y fauna silvestres</p> <p>Se debería trabajar en el manejo de pastos y pastizales naturales, es decir, en sistemas productivos que utilizan fauna y flora silvestres, ya que todos los estándares y criterios son deficientes en este tema.</p>
	<p>Especies exóticas invasoras</p> <p>Las entidades deberían proporcionar una lista de especies invasoras problemáticas para que los agricultores y ganaderos pudieran asesorarse y frenar su propagación.</p>
	<p>Medidas para la protección de especies</p> <p>Definir medidas para la creación y mantenimiento de elementos que fomenten especies indicadoras de biodiversidad. Debería ser una de las herramientas que los estándares puedan ofrecer a los agricultores o ganaderos.</p>
Perdida de diversidad genética	<p>Reducción de la utilización de híbridos comerciales, razas importadas y organismos modificados genéticamente</p> <p>Las variedades de cultivo tradicionales y las razas autóctonas de ganado están muchas veces lejos de las especificaciones requeridas por los mercados y la productividad, por lo que se abandonan y se pierden sin remedio. Por ello, los estándares y las empresas deben abordar de manera adecuada la protección de razas de ganado y cultivos autóctonos. Así como elaborar listas a escala nacional de razas y cultivos mejor adaptados a cada región y excluir en la manera de lo posible híbridos comerciales y materias primas modificadas genéticamente.</p>
Gestión de la explotación	<p>Los estándares y las empresas deben mejorar aspectos de seguimiento, cooperación con las estrategias locales y regionales, y con expertos, y buscar colaboraciones para realizar planes de acción de biodiversidad (PAB). Los PAB deben incluir siempre medidas que tengan efectos beneficiosos agronómicos, muy claros y específicos, ya que de no ser así pueden carecer de interés para los agricultores.</p>



Además, desde el proyecto se ha creado una herramienta para medir el desempeño de la biodiversidad –*Biodiversity Performance Tool* o BPT– y que se utiliza para establecer mejoras en la biodiversidad de explotaciones piloto. Finalmente, también se ha llevado a cabo un sistema de monitorización y una base de datos para estándares relativos al desempeño de biodiversidad en explotaciones agrarias y ganaderas¹.

En paralelo a este proyecto, centrado en la recuperación de la biodiversidad de todo tipo de explotación agraria o ganadera, la Fundación ha iniciado, en 2020, la creación del Observatorio de la Biodiversidad Agraria (OBA), financiado parcialmente por el Ministerio para la Transición Ecológica.

El Observatorio es un proyecto abierto de ciencia ciudadana con el que se busca conocer mejor el estado de la biodiversidad en el medio agrario, utilizando para ello cinco grupos clave: flora, abejas solitarias, polinizadores (mariposas, polillas, etc.), lombrices y otros invertebrados del suelo.

La biodiversidad es esencial para una mayor seguridad alimentaria y para la adaptación al cambio climático. Por tanto, para mitigar el impacto de la actividad agropecuaria se necesitan introducir prácticas sostenibles y para ello se requiere de un mejor conocimiento de los indicadores que se obtienen a pie de campo, apoyándose en la colaboración particular, que es una herramienta idónea para dar seguimiento a gran escala de la biodiversidad en el medio agrario y así se involucran a los agricultores y ganaderos.



El Observatorio se ha inspirado en el Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB), que ya ha logrado la participación de más de 500 explotaciones en toda Francia.

Se cuenta con el apoyo de expertos y de otros grupos de la fauna indicadora para añadir otras observaciones de la estructura del paisaje. Se estudia el contexto de los diferentes cultivos y su tipo de manejo, lo que ayuda a reflexionar sobre las mejores prácticas. En una primera fase se pretende trabajar con 16 fincas y explotaciones piloto, en la segunda se pasará a analizar 40 y después se irán adhiriendo más explotaciones en el futuro².

• • • • •

¹ Toda esta documentación se puede encontrar en las páginas web: www.food-biodiversity.eu y <https://fundacionglobalnature.org/proyectos/food-biodiversity/>.

² <https://fundacionglobalnature.org/proyectos/observatorio-de-la-biodiversidad-agraria/>.



4. Adaptación al cambio climático de las explotaciones ganaderas

El objetivo de este proyecto es testar medidas de adaptación al cambio climático a escala de explotación en los sistemas productivos más importantes de la Unión Europea, entre ellos varios ganaderos.

Para ello, y gracias al impulso inicial de otro proyecto financiado por el programa LIFE (LIFE AgriAdapt), se ha trabajado en modelos de adaptación sostenible al cambio climático tanto en industrias cárnicas como lecheras; mejorando la salud y el bienestar de los animales, lo que a su vez ha permitido aumentar o, al menos, mantener sus producciones. En paralelo, también se han aplicado medidas de adaptación sostenible al cambio climático en la producción de forrajes para la alimentación del ganado.

Para ayudar a superar los efectos negativos del cambio climático, primero se ha desarrollado una metodología para evaluar el riesgo climático en diversas explotaciones agrarias, para ello se utilizan datos meteorológicos del pasado reciente y proyecciones climáticas para el futuro cercano. Después se proponen y se aplican medidas sostenibles de adaptación a nivel de la explotación, con el fin de aumentar la resiliencia de las mismas y contribuir a mitigar los efectos del cambio climático en el ganado y otros cultivos. Estas medidas de adaptación, además, tienen otros efectos positivos sobre los recursos naturales y los agroecosistemas, lo que ofrece un valor añadido a las explotaciones ganaderas.

En ganadería se plantean diferentes enfoques para la adaptación sostenible al cambio climático como:

- *Mejora de las instalaciones.* Uno de los principales impactos que afecta al ganado es el estrés térmico y para ello se asesora en la mejora de las instalaciones, ya que esto influye de manera directa en la salud y en el bienestar de los animales. Se proponen medidas como una mejor ventilación –activa y pasiva–, una buena higiene y forrajes de mayor calidad, lo que genera un incremento de la resiliencia y mejores producciones de leche y carne.
- *Alimentación del ganado.* La mayor parte de los ganaderos, en el caso del ganado de leche, produce parte de su forraje, por lo que el asesoramiento en la implantación de medidas para la adaptación sostenible de estos cultivos tiene una gran influencia en la resiliencia de la explotación. Se promueven, en este sentido, medidas que fomenten la autonomía forrajera, pero también la diversidad, el cambio de especies y variedades, fechas de cultivo, etc. En el caso de los piensos secos es necesario, además, asegurar la autonomía y diversidad para disminuir la dependencia del exterior.

Como ejemplo y durante el desarrollo del proyecto, la Fundación Global Nature ha trabajado con Calidad Pascual, una de las empresas lácteas emblemáticas y más importantes de España. En este proyecto se colaboró con 330 explotaciones ganaderas suministradoras de Calidad Pascual, con una media de 120 animales por granja (varían de 27 a 851) y producciones medias que oscilan entre los 6.000 y 14.000 kg/año/vaca.



Las acciones implementadas se han agrupado en cuatro grupos:

1. Explotaciones lecheras más sostenibles.
2. Plan de manejo del pastoreo.
3. Mezclas forrajeras.
4. Forrajes.

Las actividades que engloba cada una de estas acciones se miden bajo la perspectiva de los IAC (principales indicadores agroclimáticos) con proyecciones a un futuro cercano (Tabla 2).



Los resultados más emblemáticos del proyecto han sido: a) la elaboración de las estrategias de gestión para una adaptación más sostenible en relación al cambio climático en Europa; y b) la creación de la herramienta «AgriAdapt Tool» para poder conocer de qué manera el cambio climático afectará a las producciones y cómo puede adaptarse el agricultor o el ganadero de una manera más eficaz.

Uno de los sectores más afectados por el cambio climático será el de los seguros agrarios, que tienen que hacer frente a situaciones de mayor estrés para animales y cultivos. Por ello, los resultados de este proyecto pueden ser de gran interés a la hora de bonificar o apoyar a aquellas explotaciones que mejor se adapten al cambio climático.



Tabla 2.
Actividades que se han medido en cada una de las acciones implementadas en las explotaciones ganaderas

Sistema de explotación evaluado		Acciones	
Explotaciones lecheras más sostenibles	Ganado bovino lechero	Dentro de las instalaciones, algunas mejoras propuestas han sido: <ul style="list-style-type: none"> • Garantizar una ventilación pasiva con estructuras flexibles y más ventiladores. • Aislamiento de techos y sombreado de algunas zonas de los establos. • Controlar la densidad de animales. • Instalación de pulverizadores de agua. • Aumento de abrevaderos. • Mejoras genéticas, dado que determinadas razas soportan mejor el estrés térmico. 	
		En relación a la autosuficiencia de producciones de grano y forraje, y teniendo en cuenta que la mayoría de las explotaciones son sistemas de secano: <ul style="list-style-type: none"> • Rotaciones más ricas. • Diversificación de cultivos adaptados a cada zona geográfica. • Buenas técnicas de ensilado y almacenaje de forrajes. • Ajustar las raciones con programas de mejora de la eficiencia proteica. 	
Plan de manejo del pastoreo	Dehesas y ganadería extensiva en sistema agrosilvopastorales con pastos naturales	Los principales desafíos a los que se enfrentan este tipo de explotaciones son la sequía, la desertización, la degradación del suelo, las temperaturas extremas y las olas de calor.	Para mejorar la estructura y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y asegurar los rendimientos, en las explotaciones se adoptan diseños en línea clave <i>keyline</i> para reconducir el agua de lluvia.
		Los ataques de plagas y enfermedades aumentan y la pérdida de biodiversidad se ve agravada y acelerada.	Se adopta un plan mejorado de gestión del pastoreo. Se reduce el tamaño de las parcelas de pastoreo, limitando el tiempo que permanece el rebaño en cada parcela y aumentando su circulación por toda la explotación.
Mezclas forrajeras	Ganado ovino lechero, ganado ovino para carne y producción de grano y forraje	Las proyecciones para el futuro apuntan a épocas más largas de déficit hídrico y olas de calor más frecuentes.	La explotación debería especializarse solo en un tipo de ganado: leche o carne. Dada la variabilidad climática y el déficit hídrico derivado de la misma se introducen nuevos cultivos como el sorgo para ensilaje y para sustituir a otros cultivos más demandantes de agua.
			Las necesidades de proteína es un factor clave en la alimentación del ganado, para ello se introducen mezclas de cereales que garanticen una mejor nutrición de los animales.
Forrajes	Ganado bovino lechero con producción de forraje y terneros	Incremento de la temperatura anual, el aumento de días superiores a 25 °C y una disminución del balance hídrico.	Introducción de tréboles y otras leguminosas en la rotación de cultivos, mejorando la calidad de los suelos, además de ser cultivos mejor adaptado a las nuevas necesidades.
			Siembra de praderas con herbáceas tolerantes a la sequía, implementación del mínimo laboreo y otras técnicas que aumenten la capacidad de retención de agua.
			Introducción de cereales tolerantes a periodos más largos de sequía y maduración temprana, lo que evita el estrés térmico en los meses de maduración con más calor.
			Mejora de las instalaciones con las medidas ya comentadas en puntos anteriores.

Todo este trabajo y la citada herramienta se pueden encontrar en la página web: www.agriadpt.eu. Aquí, también se recogen todas las medidas de adaptación al cambio climático, catalogadas por regiones y sistemas agrarios, con la posibilidad de descarga de toda la información que se precise.



5. Modelos de economía circular en la gestión de purines

En el arco mediterráneo, valle del Ebro y, cada vez más, en ambas mesetas, se concentra una producción de porcino intensivo en clara expansión. El sector del porcino en España es clave para la economía agraria de nuestro país y dentro del sector ganadero es el primero en importancia económica, llegando al 40 % de la producción final ganadera. Dado su peso económico y, en paralelo, sus fuertes impactos ambientales es fundamental promover proyectos que permitan testar y difundir tecnologías innovadoras, en especial las relacionadas con la conversión de sus desechos y la implantación de modelos de economía circular en el sector.

La Fundación junto con otros socios europeos iniciaron hace tres años el proyecto ReliveWaste, financiado por el programa europeo INTERREG. El objetivo de esta iniciativa ha sido el desarrollo a escala piloto de una investigación previa que permite transformar diferentes formas de purines de granjas porcinas (con diferentes grados de pretratamiento) en estruvita, que es un fertilizante orgánico-mineral que, además de ser estable químicamente, es fácilmente manipulable y asequible económicamente.

Los beneficios que conlleva esta iniciativa trascienden la mera transformación de un residuo, ya que se genera un material con alto valor añadido. De hecho, no solo se consigue reducir el volumen de purines en granjas, evitando lixiviados de nitrógeno y fósforo por la aplicación de cantidades excesivas de purines o en periodos no adecuados, sino que se evitan emisiones de gases de efecto invernadero o se contribuye al cumplimiento de la futura normativa sobre biofertilizantes.

En definitiva, se transforman los desechos del ganado en fertilizantes orgánicos de alto valor comercial (estruvita), contribuyendo al crecimiento inteligente y sostenible, y a la creación de nuevos negocios y oportunidades de mercado.

El proyecto ha desarrollado, entre otras acciones, la implantación de una planta piloto de producción de estruvita en Segorbe (Castellón), en la finca propiedad del Centro de Investigación y tecnología Animal (CITA), perteneciente al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), socia también del proyecto. Desde esta planta se desarrollan diferentes pruebas para la transformación de purines y se llevan a cabo diversas actividades de transferencia como jornadas de puertas abiertas, talleres de trabajo y mesas redondas con ganaderos, decisores políticos e investigadores.

La Fundación es también responsable de los estudios agronómicos para evaluar el interés de los subproductos obtenidos como fertilizantes orgánicos y ha presentado el plan de viabilidad económica diseñado sobre esta tecnología, con resultados muy esperanzadores.

En el marco de la transferencia de resultados es fundamental apostar por nuevas políticas que permitan implantar a corto-medio plazo este tipo de tecnologías, reduciendo así la contaminación sobre el medioambiente y consiguiendo unas producciones porcinas más sostenibles³.

• • • • • • • • • •

³ Para más información se puede consultar la página web: <https://re-livewaste.interreg-med.eu>.



Referencias bibliográficas

Producción agraria y ganadera y biodiversidad

AUSTIN, A. y DOWTON, M. (2000): *Hymenoptera: Evolution, Biodiversity and Biological Control*.

HAPPE, A. K. *et al.* (2018): *Predatory arthropods in apple orchards across Europe: Responses to agricultural management, adjacent habitat, landscape composition and country*.

ALIGNIER, A. *et al.* (2014): *The effect of semi-natural habitats on aphids and their natural enemies across spatial and temporal scales*.

MARTÍNEZ VÉLEZ, D.; NAVIA-OSORIO PASCUAL, R.; PÉREZ GUARINOS, D. P. y CONTRERAS GALLEGO, J.: *Estudio de flora autóctona como reservorio de fauna útil*. Asociación de Naturalistas del Sureste (ANISE).

MARTÍNEZ VÉLEZ, D.; NAVIA-OSORIO PASCUAL, R.; MARTÍNEZ SAURA, C. M.; GARCÍA MORENO, P.; SÁNCHEZ BALIBREA, J.; SALLENTE SÁNCHEZ, A. y LÓPEZ BARQUERO, P.: *Guía para el fomento de fauna útil en explotaciones agrícolas*. Asociación de Naturalistas del Sureste (ANISE).

BCH (1998): *Setos, linderos y sotos de ribera*.

CAMPODER, ADEA y ASAJA: *Guía de flora y fauna autóctona útil en agricultura*.



PAREDES, D.; CAYUELA, L. y CAMPOS, M. (2013): *Synergistic effects of ground cover and adjacent vegetation on natural enemies of olive insect pests.*

ÉTILÉ, E. (2012): *Agricultural Practices that Promote Crop Pest Suppression by Natural Predators.*

COMMISSION ON GENETIC RESOURCES FOR FOOD AND AGRICULTURE ASSESSMENTS. FAO (2019): *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture.*

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE y WWF (2008): *Guía de medidas técnicas para el diseño y creación de setos, lindes y sotos de ribera en parcelas de explotaciones de regadío.*

MORANDIN, L. A.; LONG, R. F. y KREMEN, C. (2014): *Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape.*

TSCHUMI, M.; ALBRECHT, M.; ENTLING, M. H. y JACOT, K. (2015): *High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage.*

MKENDA, P. A. *et al.* (2019): *Multiple ecosystem services from field margin vegetation for ecological sustainability in agriculture: scientific evidence and knowledge gaps.*

VAN VOOREN *et al.* (2017): *Ecosystem service delivery of agri-environment measures: A synthesis for hedgerows and grass strips on arable land.*

HATT, S.; MOUCHON, P.; LOPES, T. y FRANCIS, F. (2017): *Effects of Wildflower Strips and an Adjacent Forest on Aphids and Their Natural Enemies in a Pea Field.*

Adaptación al cambio climático del sector agrario y ganadero

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2020): <https://www.eea.europa.eu/>.

GABALDÓN-LEAL, C.; LORITE, I. J.; MÍNGUEZ, M. I.; LIZASO, J. I.; DOSIO, A.; SANCHEZ, E. y RUIZ-RAMOS, M. (2015): «Strategies for adapting maize to climate change and extreme temperatures in Andalusia, Spain»; *Climate Research* 65; pp.159-173, doi:10.3354/cr01311.

GARRIDO, A.; REY, D.; RUIZ-RAMOS, M. y Mínguez, M. I. (2011): «Climate change and crop adaptation in Spain: consistency of regional climate models»; *Climate Research* 49; pp. 211-227.

GARRIDO, A.; BIELZA, M.; REY, D.; MÍNGUEZ, M. I. y RUIZ-RAMOS, M. (2011): « Insurance as an adaptation to climate variability in agriculture. en: MENDELSON, M. y DINAR, A., eds.: *Handbook on Climate Change and Agriculture.* Edward Elgar Publishing Ltd.

HUGH, J. B. *et al.* (2020): «Farming without Glyphosate? Plants»; *MDPI Journals.*

IBÁÑEZ, D. (2011): *Efectos del cambio climático en las actividades agrarias y forestales.*



IGLESIAS, A. y Quiroga, S. (2007): «Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain»; *Climate Research* 34; pp. 45-57.

IGLESIAS, A.; QUIROGA, S. y SCHLICKENRIEDER, J. (2010): «Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain»; *Climate Research* 44; pp. 83-94.

IPCC (2014): *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza: IPCC. Recuperado de <http://www.ipcc.ch/index.htm>.

MÍNGUEZ TUDELA, M. I. (2011): MINUNIMAD-CC: *Minimización de incertidumbres en los análisis de impactos y adaptaciones en los sistemas agrícolas de la Península Ibérica. Herramienta de Soporte Científico para la Toma de Decisiones Políticas*. AGL2008-00385. 2009-2011.

MÍNGUEZ TUDELA, M. I. (2015): MULCLIVAR: *Variabilidad climática multiescalar. Impactos agrícolas y económicos*. II evaluación integrada de riesgos climáticos y económicos: adaptación de sistemas agrícolas en España. Subproyecto ACER-AGRO.

MOSS, R. *et al.* (2008): *Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts and response strategies*. Informe de la reunión de expertos del IPCC celebrada del 19 al 21 de septiembre de 2007 en Noordwijkerhout (Países Bajos). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Suiza, Ginebra.

MOSS, R. *et al.* (2010): «The next generation of scenarios for climate change research and assessment»; *Nature* 463; pp. 747-756.

Modelos de economía circular en la gestión de purines

BLANCO, L.; IBORRA, M. I. y LUJÁN, M. J. (2015-2016): *Análisis y caracterización de purines para la obtención de estruvita y biogás*.

JIMÉNEZ, G.; VILLEGAS, R. y GARCÍA, R. (2019): *Estruvita: fuente de fósforo reciclada obtenida a partir de residuos urbanos y agroindustriales*. Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería.



Una planta de biogás El ejemplo de Dinamarca

Verónica Maset

Universitat Politècnica de València

Antonio Maset

Enel Green Power España

Resumen / Abstract

Dinamarca es un país con una gran producción agrícola y ganadera que, además, es una potencia mundial en energías renovables y eficiencia energética. En este trabajo repasaremos la producción de energía renovable, especialmente la producción de biogás, la gestión de las deyecciones ganaderas, los planes de fertilización y cómo la sinergia entre estos tres puntos ha llevado a este país a liderar el sector del biogás.

Denmark is a country with a large agricultural and livestock production and a world power in renewable energy and efficiency. In this paper Danish factors concerning renewable energy production, especially biogas, livestock manure management and fertilization plans are reviewed to show how the synergy between these three points has led this country to lead the biogas sector in Europe.



1. Historia de la producción energética renovable de Dinamarca

Dinamarca es un país frío y con unas necesidades energéticas, a priori, altas. No obstante, en los últimos años ha hecho un gran esfuerzo de optimización y, en 2019, su consumo de energía primaria per cápita fue muy similar al de España (unos 35.000 KWh), muy por debajo del de Francia o Alemania (más de 40,000 KWh)¹.

Sin embargo, pese a tener un consumo energético per cápita muy similar al de España, es significativamente menor el consumo de electricidad, debido en gran medida a la amplia difusión de sistemas de *district-heating* por todo el país. Más del 65 % de los hogares daneses (casi cuatro millones de personas)² se calientan por redes de calefacción municipales, en los que cientos de kilómetros de tuberías de agua caliente reparten calor por todos los barrios residenciales del país. En la mayoría de los casos, estos sistemas son alimentados por centrales eléctricas de incineración de residuos. Tanto es así, que, en la actualidad, Dinamarca es un importador de residuos urbanos especialmente desde Alemania y Gran Bretaña, lo que crea un debate en la sociedad danesa sobre la sostenibilidad de este modelo energético.

Este sistema, sin duda, contrasta en el país líder indiscutible en energías renovables del mundo, donde más del 70 % de la energía eléctrica que consume viene de fuentes renovables³. Especialmente la eólica, en la que son líderes e impulsores tecnológicos. Y donde, además, tienen un objetivo nacional de energía renovable muy ambicioso, con el que esperan conseguir una total descarbonización para 2050.

Sin embargo, pese a la gran cantidad de energía renovable que producen, están lejos de cumplir sus objetivos nacionales de descarbonización, con el que esperan conseguir una independencia total de combustibles fósiles y cero emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂). De hecho, las emisiones de CO₂ de su producción energética (alrededor de 0,18 kg de CO₂/ KWh) aun superan ligeramente a las de España y Francia⁴.

Una de las apuestas del Gobierno danés para lograr un país sin combustibles fósiles es el biogás, donde la inyección de este en las redes de distribución de gas natural juega un papel fundamental.

2. El biogás como fuente de energía renovable

El biogás es una energía renovable que puede reemplazar al gas natural. Se produce por digestión anaerobia de la materia orgánica (fuente de carbono), que es transformada por medio de bacterias anaerobias a CO₂ y metano. El metano es un gas con un alto poder calorífico (50 GJ/t), similar o incluso superior al de otros combustibles como el propano (46,2 GJ/t) o el butano (44,8 GJ/t).

• • • • • • • •

¹ <https://ourworldindata.org/>.

² <https://www.euroheat.org/>.

³ <https://ourworldindata.org/>.

⁴ <https://ourworldindata.org/>.



El resto de compuestos que forman parte del material utilizado en las plantas de biogás (minerales, agua. . .) se consumen en una menor proporción a la del carbono y permanecen prácticamente intactos durante el proceso de digestión anaerobia, mineralizándose sus fracciones orgánicas. Por ejemplo, el nitrógeno presente en las proteínas se mineraliza principalmente a amoníaco, concentrándose en el efluente del proceso (digestato) con respecto a la concentración inicial.

Los estiércoles y purines, los lodos de depuradora y otros tipos de desechos orgánicos de las industrias agroalimentarias y de los hogares son materias primas adecuadas por su alto contenido en materia orgánica, agua y nutrientes. La producción de biogás es además de una fuente de energía renovable, un sistema de tratamiento de residuos. De hecho, la digestión anaerobia de los purines en la *Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino*⁵ es considerada una estrategia de tratamiento de purines, puesto que reduce la emisión de olores y los gases de efecto invernadero derivados del almacenamiento los mismos. Si los purines se quedan almacenados en la balsa durante largos periodos de tiempo, sufren el ataque de las mismas bacterias anaerobias presentes en los digestores, liberando el metano a la atmósfera si este no es recogido.

El metano es un gas efecto invernadero con un poder de calentamiento global entre 21 y 25 veces superior al del CO₂. Y tanto España como Dinamarca deben contabilizar sus emisiones de gases efecto invernadero anuales, donde la agricultura supuso el 23 % de las emisiones totales de CO₂ en Dinamarca y el 12 % en España, en 2019⁶, de las que casi el 23 % se debieron a la gestión de estiércoles.

Además, el subproducto resultante de la producción de biogás es un fertilizante natural de alta calidad, mayor que el estiércol sin tratar, puesto que los nutrientes presentes en el digestato se encuentran en un estado que resultan mucho más fácilmente asimilables por las plantas.

El biogás producido puede quemarse directamente en la planta (cogestión) y producir calor y energía eléctrica, o también puede ser introducido en gaseoductos, transportado y tratado de manera similar al gas natural.

3. La producción de biogás en Dinamarca

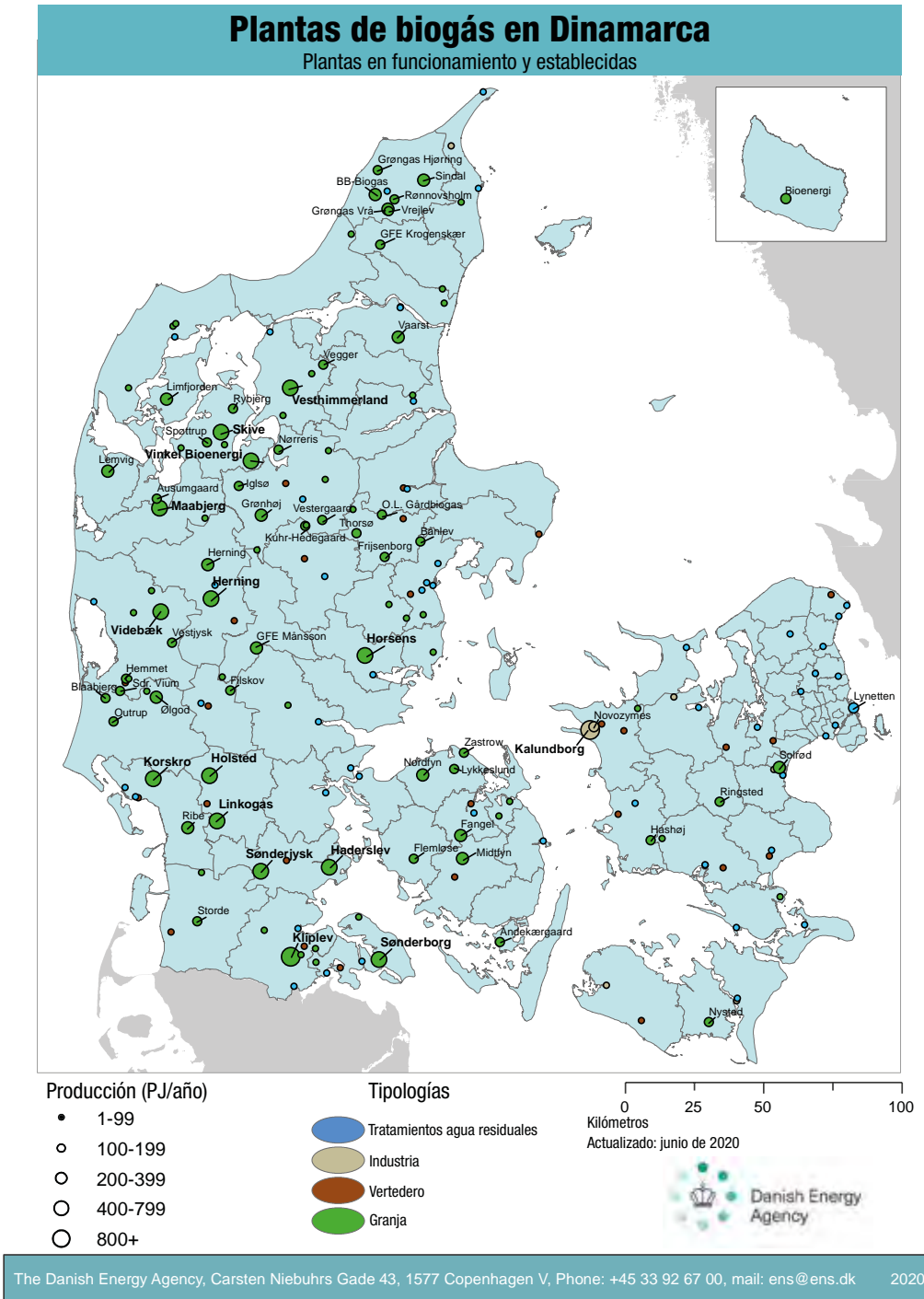
La producción de biogás en Dinamarca se extiende por todo el país (Figura 1). La mayoría de las plantas de biogás son agrícolas a base de estiércol y están ubicadas cerca de las granjas. Dichas plantas de biogás centralizadas están asociadas a unas 100-250 granjas bien por medio de un contrato o como socios propietarios y procesan los purines y estiércoles provenientes de sus granjas asociadas, así como otros residuos sólidos orgánicos e incluso cultivos energéticos.

• • • • •
⁵ GARCÍA *et al.* (2010).

⁶ <https://unfccc.int/>.



Figura 1.
Mapa de las plantas de biogás de Dinamarca (2020)



Fuente: Danish Energy Agency (consultada en abril de 2021).



Otras plantas de biogás repartidas por el país forman parte de otras dedicadas al tratamiento de aguas residuales ubicadas en ciudades grandes o cerca de ellas. Un número menor de estas plantas de biogás son industriales y tratan desechos orgánicos provenientes de industrias agroalimentarias, basura orgánica (vertederos) o incluso desechos sanitarios.

Aunque en un principio predominaban las plantas de cogeneración con producción eléctrica, el uso de biogás como gas natural renovable (GNR) en gaseoductos (Gas grid) se ha incrementado significativamente desde 2015, ocupando en la actualidad más del 50 % de su uso total⁷.

4. Subvenciones al biogás

Uno de los aspectos claves para explicar el éxito del biogás en Dinamarca es el apoyo del Gobierno por medio de su sistema de subsidios. Como hemos mencionado anteriormente, en Dinamarca el biogás es una prioridad política, ya que es visto como un medio para controlar los problemas de gestión de residuos agrícolas, además de proporcionar un producto de energía renovable flexible. En este sentido, el Gobierno danés ha asignado 1.000 millones de dólares para el sector del biogás, con la ambición de aumentar la producción a 24 PJ⁸, que se adjudican mediante subvenciones públicas según su uso. Esta apuesta por el biogás se basa en un sistema de incentivos en función de su uso final y que, en algunos casos, indexa el precio del biogás al del gas natural, garantizando así la rentabilidad de los proyectos. La Agencia Danesa de Energía es responsable de las reglas y regulaciones relativas a los diferentes esquemas de apoyo y administra el pago de subvenciones.

En 2012, un Acuerdo de Energía estableció los siguientes objetivos y condiciones para estimular la producción de biogás:

- Incentivos para el uso de estiércoles y purines.
- Aumentar las subvenciones a la inversión del 20 al 30 %.
- Aumentar las subvenciones a la tarifa de alimentación eléctrica.
- Incentivar la inyección de biometano en la red de gas natural.
- Incentivos para el uso del biogás para el transporte y la industria.
- Financiación para grupos de trabajo sobre biogás, como el «Danish Biogas Association»⁹.

● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

⁷ <https://www.biogasglobal.com>.

⁸ Un petajulio (PJ) es igual a un cuatrillón de julios o a 278 Gigavatios hora

⁹ <https://www.biogas.dk/>.



Debido a estos incentivos, la industria danesa del biogás ha experimentado un crecimiento exponencial desde 2012, alcanzando en 2019 los 20,4 PJ (Statistik Denmark)¹⁰. Especialmente, la producción de GNR, es decir, de biogás que se inyecta a las tuberías de gas natural. En julio de 2018, Dinamarca alcanzó un récord europeo con un 18 % de GNR en la red de gas. El objetivo para 2050 es que el GNR ocupe el 100 % de la red natural de gas danesa.

Para esta estrategia nacional, el uso de estiércoles y purines para producción de biogás resulta indispensable. Y por tanto, desde el punto de vista del sector energético, la participación del sector ganadero es necesaria. Como veremos a continuación, esto es posible porque Dinamarca es un país ganadero con una gran producción de estiércoles.

5. Situación ganadería en Dinamarca

La población de Dinamarca es de 5,6 millones, con una superficie total de 43.000 km³. El uso de la tierra está dominado por la agricultura en un 62 %, con solo un 16 % de bosques y un 10 % de áreas urbanas.

Una tendencia general en la agricultura danesa es que hay cada vez menos granjas, pero estas son cada vez más grandes. En los últimos 30 años, el número de explotaciones se ha reducido de poco más de 100.000 granjas en 1982 a 33.607 granjas en 2019¹¹. Este desarrollo ocurrió en paralelo con cambios en los métodos agrícolas hacia una mayor mecanización y especialización, justificada por el complejo agroindustrial por la demanda de alta productividad para mantener la competitividad en un mercado global.

La tendencia es particularmente notable en las explotaciones porcinas, donde el tamaño medio ha aumentado de 169 cerdos por granja en 1982 a 2.039 cerdos por granja en 2019¹². La producción porcina ha crecido en número, de aproximadamente 9 millones en 1990 a 13,4 millones en 2021¹³. Dinamarca es un exportador de porcino, el número uno en Europa, exporta el 85 % de su producción porcina. Es conocida la frase de que «en Dinamarca hay casi 5 veces más cerdos que personas». En los últimos años ha habido un cambio en la composición de la población porcina, ya que la tendencia actual es que los lechones se exporten para ser cebados en países del este y Alemania, para abaratar los costes, quedándose las maternidades en Dinamarca, por lo que la proporción relativa de cerdas se ha incrementado.

Un aspecto destacable de la ganadería danesa, en comparación con la española, es que las granjas poseen terrenos agrícolas que se usan para producir alimentos para el propio ganado, o bien para la venta exterior. Por lo que los ganaderos daneses son también agricultores que deben gestionar sus campos para sacarles el mayor rendimiento económico. Este es un aspecto interesante, puesto que los purines y estiércoles producidos en las explotaciones danesas, generalmente, se aplican en

• • • • • • • •

¹⁰ <https://www.dst.dk/en>.

¹¹ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANÉS: <https://www.dst.dk/en>.

¹² INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANÉS: <https://www.dst.dk/en>.

¹³ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANÉS: <https://www.dst.dk/en>.



la propia granja o en terrenos cercanos que son propiedad el ganadero, lo que facilita la valorización agrícola de los mismos.

6. Problemática ambiental de los purines y gestión del nitrógeno en Dinamarca

La gran tradición agrícola y ganadera de Dinamarca ha provocado que una gran cantidad de nitrógeno haya sido vertido al medioambiente durante los últimos 100 años. No únicamente por los fertilizantes minerales utilizados en la agricultura, sino también por el nitrógeno presente en purines y estiércoles que ha acabado en acuíferos subterráneos y en el mar, alcanzando su máximo en los años 80 con más de 50 mg de nitratos/L¹⁴. Esto es especialmente significativo porque la mayoría del agua consumida en Dinamarca viene de acuíferos. Diversas reglamentaciones nacionales y europeas han contribuido a disminuir las pérdidas de nitrógeno como, por ejemplo, el programa de acción danés sobre nitratos derivado de la Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación causada por nitratos de origen agrícola (91/676/CEE).

Debido a una estricta reglamentación ambiental, Dinamarca ha logrado disminuir la carga de nitrógeno en las aguas marinas en un 50 % en los últimos 30 años, además de cambiar la tendencia general de aumento del contenido de nitrógeno en las aguas subterráneas a una tendencia decreciente¹⁵. Esto se ha hecho principalmente debido a medidas como la obligatoriedad de establecer entre un 8 y un 14 % de cobertura invernal con cultivos denominados *catch-crop* (cultivos captura) para evitar lixiviados, fechas de labranza más tempranas para evitar la labranza de otoño y un conjunto de reglas para las técnicas de aplicación de estiércol. Por ejemplo, la aplicación a campo de los purines debe realizarse con sistemas de inyección que eviten la volatilización de amoníaco, al igual que se prohíbe la aplicación otoñal de estiércol para todos los cultivos, excepto la colza.

De entre estas medidas, resulta destacable el establecimiento de restricciones sobre el uso de fertilizante nitrogenado en agricultura. La regulación danesa sobre el manejo del nitrógeno agrícola se basa en un sistema de cuentas obligatorias de fertilizantes y planes de gestión de nutrientes combinados con una regulación detallada sobre el momento y los tipos de aplicación de fertilizantes nitrogenados. Esto implica que, en Dinamarca, los agricultores tienen limitada la cantidad de fertilizante mineral que pueden comprar en un año, calculada a partir de unas cuentas de fertilizantes anuales.

Las cuentas de fertilizantes se hacen en función de cada granja individual y se basan en un conjunto de estándares para las tasas máximas de aplicación de nitrógeno y los estándares mínimos de utilización del estiércol. Las tasas máximas de aplicación de nitrógeno para cada cultivo se calculan como la aplicación económicamente óptima calificada en base a todas las pruebas de campo con niveles crecientes de nitrógeno de los últimos 10 años, teniendo en cuenta el tipo de suelo y el cultivo anterior. Tanto los fertilizantes minerales como los orgánicos se incluyen en la cuenta de fertilizantes y la producción de estiércol se calcula a partir de un conjunto de normas basadas en la producción

• • • • • • • •

¹⁴ JØRGENSEN y STOCKMARR (2009).

¹⁵ JØRGENSEN y STOCKMARR (2009).



ganadera de la finca. Las normas de producción de estiércol difieren entre los tipos de animales domésticos y entre los tipos de instalaciones, y pueden corregirse para la eficiencia de la producción si se puede documentar científicamente.

Para conocer la necesidad de fertilizante mineral de la explotación que un agricultor puede adquirir se resta el nitrógeno disponible en el fertilizante orgánico de la cuota máxima total de nitrógeno calculada a partir de la mezcla de cultivos de la explotación. El nitrógeno disponible en el estiércol orgánico se evalúa de acuerdo con las demandas mínimas obligatorias de utilización del N total en el estiércol, para garantizar que los nutrientes en los fertilizantes orgánicos se utilicen de manera eficiente. Por ejemplo, para purines de cerdo y vacuno, el 70 % del N total se considera fácilmente disponible y debe utilizarse. Las cuentas de fertilizantes y los planes de gestión de nutrientes son obligatorios y deben entregarse a la Agencia Agrícola Danesa del Ministerio de Alimentación y Medio Ambiente anualmente.

Debido a este sistema de cuentas de nitrógeno, un agricultor tiene mucho interés en mejorar la capacidad fertilizante del purín que aplica al campo, ya que tiene limitado el nitrógeno total que puede usar y no puede compensar las pérdidas de N por lixiviación o emisiones con más fertilizante mineral. Por lo tanto, aplicar purines provenientes de digestores anaerobios le asegura que el nitrógeno va a ser más fácilmente asimilado por las plantas, mejorando su rendimiento agrícola.

Por lo que, desde la perspectiva del ganadero, existen muchas motivaciones para participar en una planta de biogás:

- *Económicas*, por el beneficio de la venta de energía o purines a una planta de biogás.
- *Medioambientales*, porque puede contabilizar unas menores emisiones de metano en su declaración ambiental integrada por utilizar una mejor técnica disponible.
- *Disminución de las emisiones de olores de los purines*, porque puede llegar a ser un aspecto importante, puesto que las granjas en Dinamarca pueden tener zonas residenciales cercanas.
- *Mejora de la gestión de los purines*, ya que la digestión anaerobia disminuye el contenido de materia orgánica y, por tanto, de sólidos, lo que facilita la aplicación a campo por inyección de los mismos.
- *Aumentar su rendimiento agrícola*, porque la digestión anaeróbica del estiércol de ganado mejora su valor como fertilizante de 5 a 8 kg más de N disponible por unidad de ganado¹⁶. El proceso de digestión anaerobia reduce la lixiviación de nitrato de 2 a 4 kg/unidad de ganado.

• • • • • • • • • •

¹⁶ Una unidad de ganado = 100 kg de N.



7. Dificultades y retos de las plantas de biogás de purines y estiércoles

Los estiércoles y purines animales poseen un alto contenido en agua y nutrientes, por lo que proporcionan un medio excelente para el desarrollo de microorganismos. De hecho, como se ha comentado anteriormente, de manera natural se establecen poblaciones microbianas durante el almacenamiento de los mismos. Sin embargo, desde el punto de vista de la eficacia, los purines no poseen suficiente carbono fácilmente biodegradable como para que las plantas de biogás funcionen de manera eficiente únicamente con este sustrato. Esto es así porque la materia orgánica de los purines proviene de los piensos que han sido digeridos y excretados por un animal, por lo que la parte más fácilmente fermentable de las grasas, proteínas y carbohidratos de los piensos han sido utilizadas por el animal y no se encuentran en los purines, excretando el animal lo que no ha podido digerir, generalmente, las fibras.

De hecho, la mayoría de las plantas de biogás están diseñadas para que el estiércol no suponga más del 50-70 % del sustrato total de la planta, dejando el resto para materias primas con mayor rendimiento de biogás como desperdicios de alimentos, cultivos energéticos, paja y, en algunos casos, glicerina. El problema es que estas sustancias orgánicas fácilmente fermentables, generalmente suponen un coste para las plantas de biogás que debe comprarlas y transportarlas a la planta. Además, desde un punto de vista medioambiental resultan cuanto menos cuestionables. Con el sistema de cuotas y subvenciones en Dinamarca se ha llegado al punto de utilizar cultivos energéticos para alimentar las plantas de biogás. Sin embargo, hoy en día, no se puede exceder de un 5 % de cultivos energéticos en el total de sustratos para alimentar dicha planta si se quiere acceder a las subvenciones. Por ello, el sector sigue buscando fuentes de carbono baratas y sostenibles para aumentar el rendimiento de las plantas de biogás. En este sentido cabe destacar la enorme importancia de la investigación pública y privada danesa en la búsqueda de enzimas, pretratamientos y sinergias entre cosustratos para mejorar el rendimiento. Lo que ha llevado a Dinamarca a liderar el sector tecnológico del biogás a escala mundial.

8. Conclusiones

La digestión anaerobia de estiércoles y purines es un éxito en Dinamarca debido, principalmente, a los siguientes factores:

- Interés estatal por el fomento de fuentes de energía alternativas, en especial, al gas natural, lo que ha hecho que existan subvenciones específicas al biogás.
- Interés del ganadero por participar en las plantas de digestión anaerobia, por el beneficio económico, medioambiental, de gestión de purines y de mejora del poder fertilizante de los mismos. Este último aspecto es especialmente relevante por el estricto sistema danés de cuentas obligatorias de fertilizantes y planes de gestión de nutrientes.



- La gran investigación tecnológica pública y privada relacionada con el biogás que se lleva a cabo en este país y que hace que Dinamarca sea líder en tecnología de biogás.

Referencias bibliográficas

GARCÍA SANZ, I.; BIGERIEGO MARTIN DE SAAVEDRA, M.; CANALES CANALES, C. y COLMENARES PLANÁS, M. (2010): *Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino España.

JØRGENSEN, L. F. y STOCKMARR, J. (2009): «Groundwater monitoring in Denmark: characteristics, perspectives and comparison with other countries»; *Hydrogeology journal* 17(4); pp. 827-842.

Referencias webs

<https://ourworldindata.org/> (consultada en abril de 2021).

<https://www.euroheat.org/> (consultado en abril 2021).

<https://unfccc.int/>.

<https://www.biogaseglobal.com> (consultado en abril de 2021).

<https://ens.dk/en>.

<https://www.biogas.dk/>.

<https://www.dst.dk/en> (consultado en abril de 2021).



El secado solar, una tecnología consolidada y sostenible para la valorización de las deyecciones ganaderas

*Francesc X. Prenafeta Boldú, Lluís Morey,
Víctor Riau y Belén Fernández*

Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA)

Joan Soler

EMA Depuració SL

Josep Illa

Universitat de Lleida

Resumen / Abstract

Gran parte de la península ibérica se encuentra en una situación privilegiada en lo que se refiere al potencial de aprovechamiento de la energía solar. El descenso en los costes de los paneles fotovoltaicos está causando una auténtica revolución en la generación y autoconsumo eléctrico en la propia granja. Así mismo, la energía solar térmica puede ser aplicada para deshidratar diversos tipos de biomasa como determinados productos alimentarios, pero también residuos orgánicos (generalmente, fangos de depuradora procedentes del tratamiento de las aguas residuales urbanas). La reducción del contenido de agua en las deyecciones ganaderas, especialmente de los purines, es uno de los principales objetivos de varias tecnologías de tratamiento como la separación sólido-líquido, la filtración avanzada o el secado térmico. De esta forma se consiguen concentrar los nutrientes para un transporte y valorización agronómica más eficientes, pero estos procesos de tratamiento suelen conllevar un coste energético elevado. En el presente capítulo se resumen las primeras experiencias con el secado solar de las deyecciones ganaderas en España, que han llevado a la validación de esta tecnología como un método alternativo de tratamiento.



Much of the Iberian Peninsula is in a privileged situation with regard to the potential for harnessing solar energy. The decrease in the cost of photovoltaic panels is revolutionizing the generation and self-consumption of electricity in the farm. Likewise, solar thermal energy can be applied to dehydrate various types of biomass, such as certain food products but also organic waste (generally sewage sludge from urban wastewater treatment). Reducing the water content in manure, especially slurry, is one of the main objectives of various treatment technologies, such as solid-liquid separation, advanced filtration, or thermal drying. In this way it is possible to concentrate the nutrients for a more efficient transport and agronomic valorization, but these treatment processes usually entail a high energy cost. This chapter summarizes the first experiences with the solar drying of manure in Spain, which have led to the validation of this technology as an alternative treatment method.

1. Introducción

España lidera el *ranking* de producción porcina de la Unión Europea, por delante de Alemania, y ocupa el tercer lugar a escala mundial por detrás únicamente de China y EEUU¹. El sector tiene un impacto significativo en el mantenimiento del equilibrio territorial, generando unos 300.000 puestos de trabajo directos y más de 1 millón de indirectos, pero también en la economía, en general, ya que el sector porcino representa un 1,4 % del PIB nacional y el 14 % del PIB industrial español. No obstante, esta concentración ganadera (Figura 1) también genera impactos ambientales indeseados por causa de las deyecciones de los animales, relacionados principalmente con las emisiones de gases acidificantes y de efecto invernadero, malos olores y con la contaminación de los acuíferos por causa del nitrato. El manejo sostenible de las deyecciones es uno de los grandes retos a que se enfrenta la ganadería en España.

Por otra parte, España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol (Figura 1), con valores promedio diarios de energía solar que alcanza una unidad de superficie horizontal que va de 3,54 kWh m⁻² d⁻¹ en Bilbao a 5,40 kWh m⁻² d⁻¹ en Santa Cruz de Tenerife². Esta densidad de energía solar radiante o irradiación solar global es la suma de la que procede directamente del disco solar y la que se origina indirectamente por procesos de dispersión que se producen en la atmósfera.

La implementación de instalaciones de producción de energías renovables basadas en el aprovechamiento de la radiación solar es una opción muy interesante en la agricultura, en general³, pero está especialmente indicada para la producción ganadera intensiva, en particular, por una serie de circunstancias específicas inherentes al sector como son:

• • • • • • • • • •

¹ MAPA (2020).

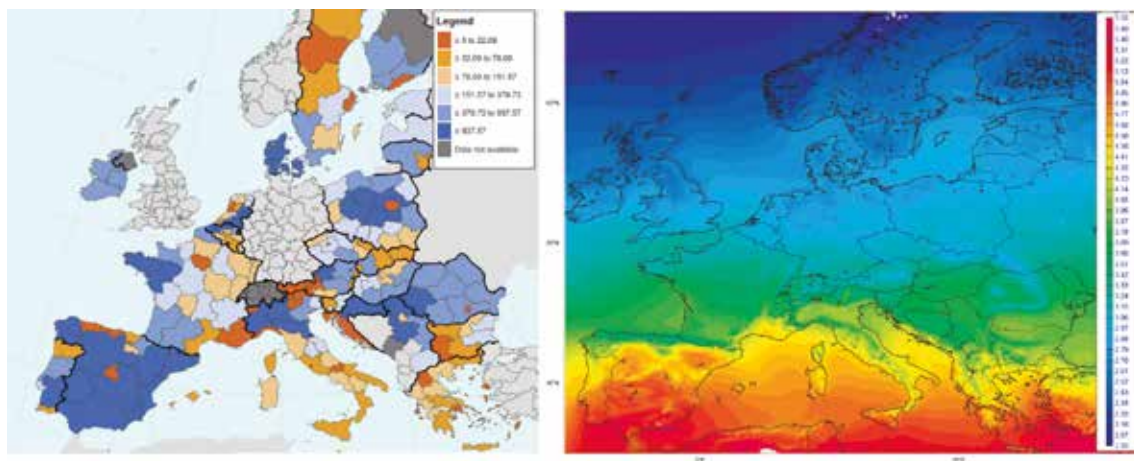
² SANCHO ÁVILA *et al.* (2012).

³ ZAMBON *et al.* (2019).

- a) La necesidad de implementar buenas prácticas y mejores técnicas disponibles en la propia granja para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, cumpliendo con una normativa ambiental y con las expectativas de unos consumidores, que cada vez son más exigentes con la reducción del impacto del sector ganadero.
- b) La disponibilidad de una elevada superficie en la propia explotación, especialmente en los tejados de las naves donde se alojan los animales, para la instalación de paneles solares, pero también de terreno circundante para la construcción de sistemas para la valorización de las deyecciones ganaderas generadas.
- c) Un consumo regular y relativamente elevado de energía eléctrica y/o térmica, especialmente durante las horas del día de mayor radiación solar, para la ventilación y climatización de las naves, sistemas de alimentación y suministro de agua para los animales, pero también para el procesado de las deyecciones ganaderas.

Figura 1.

Densidad ganadera del porcino en miles de cabezas a nivel regional (NUTS 2; datos desagregados no disponibles para Alemania y Noruega) de la Unión Europea en el 2020 (izda.) e irradiancia solar global media en Europa en kWh m² d⁻¹ medida durante el periodo 1983-2005 (dcha.)



Fuente: Eurostat y Sancho Ávila *et al.* (2012).

Como consecuencia de estos incentivos y del marco legal actual más favorable a la generación y autoconsumo energético a partir de fuentes renovables, el número de granjas que adoptan la energía solar, especialmente la de origen fotovoltaica, está creciendo de forma significativa en las diferentes autonomías de España. Por otra parte, también se plantea el aprovechamiento de la componente térmica de la energía solar para el tratamiento y valorización de las deyecciones ganaderas. Uno de los objetivos principales de la mayoría de las técnicas de tratamiento es la de concentrar los nutrientes, sobretodo en el caso de los purines, para facilitar su posterior transporte y aplicación agronómica al campo como fertilizantes orgánicos. Una opción de tratamiento consiste en evaporar el agua de los purines, que representa más de un 90 % de su masa total. Pero hay que tener en cuenta que la



energía necesaria para evaporar 1 m³ de agua es de 2.442 MJ (678,33 kWh), cantidad que equivale a la quema de unos 70 litros de gasolina o en 64 m³ de gas natural. Este requerimiento energético tan elevado hace que la utilización de fuentes de energía convencionales para este propósito sea generalmente una opción poco sostenible a nivel económico y ambiental.

El secado solar representa una alternativa tecnológica que ya se aplica en la industria en ámbitos tan variados como son la deshidratación de productos alimentarios, salmueras y lodos de depuradora, y sobre la que se han publicado diversos artículos de revisión⁴. Estudios recientes han demostrado la idoneidad del secado solar de las deyecciones ganaderas cuando se realiza en condiciones controladas para evitar emisiones⁵, siendo este método de tratamiento considerado como consolidado por parte del Departamento de Agricultura de la Generalitat de Catalunya⁶.

2. Fundamento científico-técnico del secado solar

El secado solar es un proceso físico que aprovecha la energía radiante del sol para evaporar agua de una matriz determinada. El principio de funcionamiento de un secadero solar se basa en el efecto invernadero, consistente en cubrir una superficie con un material que sea transparente a la radiación solar incidente (luz visible), pero que retenga la radiación térmica (infrarrojo) emitida por la propia superficie interna. La consiguiente elevación de la temperatura incrementa tanto la presión de vapor del agua como el punto de saturación del aire que, en la medida que sea extraído del espacio confinado y reemplazado por el aire más frío y seco del exterior, va a resultar en la progresiva deshidratación de los materiales contenidos en el interior de la cubierta.

A día de hoy existen diferentes diseños de secadores solares industriales que se clasifican en cuatro grandes categorías, combinables entre sí en función de cómo se integran los procesos descritos anteriormente: a) si el flujo de aire se impulsa por convección natural (secador pasivo), o b) si lo hace por ventilación forzada (secador activo), y c) si este aire se calienta en el mismo lugar donde está el material a secar (secador directo), o d) si se calienta en un compartimento aparte específico y posteriormente se impulsa hacia el espacio de secado (secador indirecto). Además, algunos secaderos solares también incorporan sistemas de almacenamiento térmico para liberar el calor acumulado cuando no haya aporte solar.

El principal parámetro de medida de la eficiencia del proceso es el flujo diario de agua evaporada por unidad de superficie expuesta del material a secar (E_s), que normalmente se expresa en kilogramos de agua por m² y día (kg m⁻² d⁻¹). Si las condiciones de ventilación son las adecuadas, el valor de E_s vendrá determinado principalmente por la temperatura que se alcanza en el invernadero, valor que depende en gran medida de la radiación solar incidente y de las características del propio invernadero (transmitancia de la luz, aislamiento térmico, etc.), y de la humedad relativa del aire ambiente. Los valores de E_s varían enormemente en cuanto al propio ciclo climático anual, la latitud

• • • • • • • • • •

⁴ BELESSIOTIS y DELYANNIS (2011); BENNAMOUN *et al.* (2013) y PIRASTEH *et al.* (2014).

⁵ PRENAFETA-BOLDÚ *et al.* (2021).

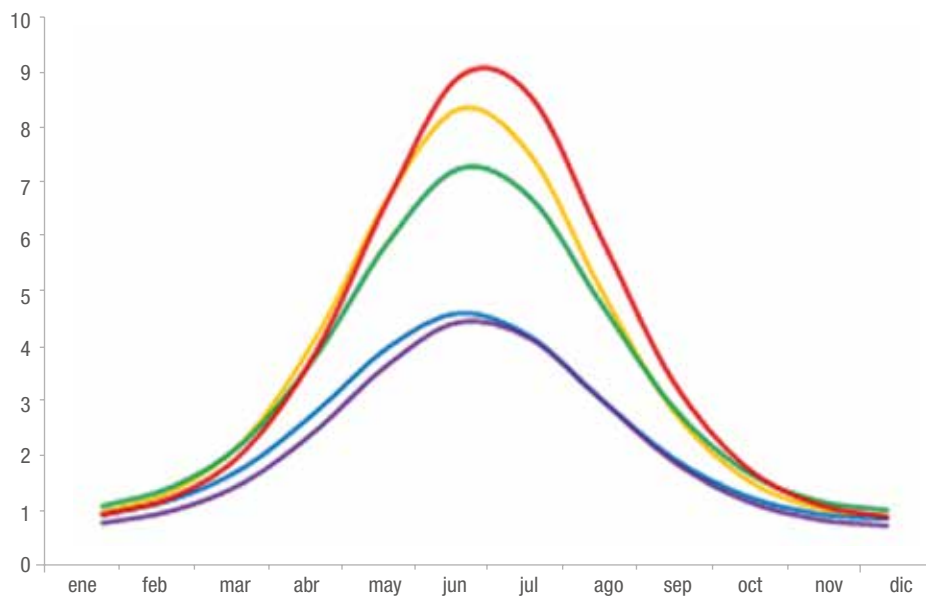
⁶ PRENAFETA-BOLDÚ y PARERA (2020).



y las especificidades microclimáticas de la zona donde está ubicada la planta, así como por las características de las deyecciones (contenido en sólidos, formación de costras, etc.). En estudios a escala piloto en el ámbito del Mediterráneo, la E_s medida en purines porcinos va desde prácticamente cero en invierno hasta valores máximos estival de cerca de $10 \text{ kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, en función de la localización (Gráfico 1).

Gráfico 1.

Estimación de la evolución anual de la tasa diaria de evaporación del agua (E_s) de los purines de cerdo en un invernadero piloto en túnel hecho de polietileno, a partir de la media diaria de radiación solar incidente en diferentes localizaciones*. En E_s ($\text{kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)



* Zaragoza (rojo), Juneda, Lleida (amarillo); Valencia (verde); Caldes de Montbui, Barcelona (azul) y Viladrau, Girona (lila).

Fuente: Prenafeta-Boldú y Parera (2020).

En la Tabla 1 se resume la información técnica disponible en la bibliografía científica relacionada con experiencias prácticas con el secado solar de diferentes tipos de residuos orgánicos. Generalmente la tecnología se ha aplicado a fangos de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), tanto urbanas como de la industria agroalimentaria, pero también en purines de cerdos. Estos estudios abarcan desde la escala de laboratorio hasta la planta industrial, y todas ellas se basan en sistemas de secado directo con aireación forzada, generalmente en invernaderos relativamente parecidos a los utilizados en horticultura. En algunos casos, se han utilizado sistemas de mezcla mecánica para poder acelerar los procesos de secado con una menor superficie, mientras que en otros los residuos se han dispuesto de forma estática en una capa fina. Los valores promedio de E_s reportados a lo largo del proceso de operación oscilan entre 2 y $8 \text{ kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, mientras que la energía necesaria para evaporar el agua representó entre un 26% y un 40% de la energía solar incidente sobre el invernadero. La energía restante, por tanto, habría sido reflejada inicialmente por la cubierta del invernadero, reemitida al medioambiente como radiación térmica, perdida por conducción al suelo y por convección con el aire caliente extraído.



Tabla 1.

Comparativa entre los parámetros de operación obtenidos en diferentes estudios publicados en la bibliografía científica sobre el secado solar aplicado a diferentes tipos de biomasa residual

Sustrato	Región (País)	TS inicio (%)	TS final (%)	Superficie (m ²)	Tipo y escala ^a	Caudal ^b (m ³ h ⁻¹)	Irradiancia (kWh m ⁻² d ⁻¹)	Consumo eléctrico (kWh tH ₂ O ⁻¹)	ES (kg m ⁻² d ⁻¹)	Rendimiento energético ^c (%)	Referencia
Fangos de EDAR (urbana)	Ródope (Grecia)	15,0	94,0	< 1	PC, MM, EL	n/a	2,4-5,4	n/d	4,0-12,0 ^e	n/d	Mathioudakis <i>et al.</i> (2009)
Fangos de EDAR (urbana)	Varsovia (Polonia)	20,0	48,0	90	PC, CF, PD	133,3	4,7	n/d	2,3	34	Krawczyk y Badyda (2012)
Fangos de EDAR (urbana)	Tasos (Grecia)	9,7-16,4	82,3-94,3	66	PC, MM, PD	75,8	3,3-7,2	83,0	4,0-11,4	n/d	Mathioudakis <i>et al.</i> (2013)
Fangos de EDAR (urbana)	Pafos (Chipre)	14,9-23,7	55,7-91,3	3,9	PC, MM, EI	101,3	5,2	77,3	3,1	41	Oikonomidis y Marinou (2014)
Fangos de oleicultura	Creta (Grecia)	4,9	52,0	4,2	UP, CF, EL	n/a d	3,6-8,1	n/a	5,2	n/d ^d	Galliou <i>et al.</i> (2018)
Fangos de EDAR (vitivinícola)	Cataluña (España)	10,4	33,2	10	PET, CF, PP	4,3	4,7	47,2	2,2	27	Prenafeta-Boldú <i>et al.</i> (2020)
Purines de cerdo	Cataluña (España)	11,7	89,6	10	PET, CF, PP	6,0	5,3	30,2	2,0	26	Prenafeta-Boldú <i>et al.</i> (2021)

^a PET: invernadero de film de polietileno; PC: invernadero de placas de policarbonato; UP: cobertura no especificada; TL: fango en capa fina estática; MM: mezcla mecánica; EL: escala de laboratorio; PP: planta piloto; PD: planta demostrativa; EI: escala industrial.

^b Ratio entre el caudal de ventilación (m³ h⁻¹) y la superficie de secado (m²).

^c Ratio entre el requerimiento energético para la vaporización del agua (a 25 °C) y la irradiación solar durante la operación.

^d n/d: no disponible o no determinado.

^e Valor máximo medido.



3. Implementación del secado solar de las deyecciones en la granja

El invernadero utilizado para el secado solar de las deyecciones es el elemento clave que, aunque tenga similitudes con los utilizados en horticultura, debe tener ciertas particularidades en su diseño. En primer lugar, debe contar con un sistema de ventilación correctamente dimensionado y con capacidad de regulación para extraer de forma eficiente el aire saturado de humedad que se acumula en el interior durante las horas de máxima radiación solar. Una extracción deficiente del aire resultará en una baja tasa de secado, mientras que si la ventilación es excesiva conllevará mayores costes energéticos. Para ello debe disponerse de sensores de temperatura y humedad relativa en el interior e exterior del invernadero, que comanden la ventilación de forma optimizada conforme la evolución de estos parámetros. También es fundamental controlar las emisiones de gases contaminantes, por lo que las salidas de aire del invernadero deben disponer de biofiltros para tratar los gases emitidos (Figura 2). Ensayos con secaderos a escala piloto han indicado que la biofiltración es un proceso eficiente para eliminar el amoníaco residual y los compuestos orgánicos volátiles, algunos de los cuales son responsables de los malos olores, pero tienen poca incidencia sobre gases de efecto invernadero como el metano⁷.

Figura 2.

Planta de secado solar para el tratamiento de los purines de una granja mixta de porcino y de vacuno, que consta de una zona de carga y acidificación del purín (A), tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico (B), invernadero (C) y máquina descostradora (D) (izda.) y planta de secado solar de la fracción sólida de purines de una granja de cerdos de engorde (dcha.)



Fuente: Prenafeta-Boldú y Parera (2020).

El proceso de secado puede aplicarse tanto a los purines frescos como a sus fracciones sólidas procedentes de una separación fisicoquímica previa, e incluso al digestato generado después de su fermentación en un digestor anaeróbico. En el caso de los purines y del digestato de purines, estos deben ser depositados en balsas de poca profundidad (menos 40 cm) en el interior del invernadero, para

• • • • •

⁷ PRENAFETA-BOLDÚ *et al.* (2020) y PRENAFETA-BOLDÚ *et al.* (2021).



maximizar el área de contacto con el aire. Las balsas deben estar bien aisladas del suelo para minimizar las pérdidas térmicas y la posibilidad de lixiviación. También suele ser necesario instalar un sistema mecánico para romper la costra superficial y facilitar la evaporación (Figura 2). Además, para minimizar la volatilización del amoníaco, los purines y el digestato deben ser previamente acidificados a un pH inferior a 6,5. En cuanto a la fracción sólida, conviene voltearla con cierta frecuencia para acelerar el proceso de secado. En todo caso, es importante que los equipos y materiales utilizados en la construcción del invernadero sean resistentes a la corrosión resultante de la utilización de ácido, la presencia de amoníaco, así como un régimen de operación a temperatura y humedad relativamente altas.

4. Uso agronómico de la fracción seca

Las características del producto final obtenido a partir del secado solar de las deyecciones dependerá, en gran medida, del material de inicio y del grado de secado alcanzado. Este proceso tiene una incidencia mínima sobre la biodegradación de la materia orgánica y preserva el nitrógeno amoniacal contenido en las deyecciones. Así pues, el tipo de fertilizante obtenido dependerá de la calificación que tenga el material a tratar: tipo 1 (relación C/N alta) para el secado del estiércol y de la fracción sólida de los purines; y tipo 2 (relación C/N baja) para el secado de los purines, gallinaza, digestato y fangos de EDAR (clasificación según el Decreto 153/2019 de 3 de julio, de la Generalitat de Catalunya). Por otra parte, a partir de balances de masa del nitrógeno en pruebas con purines de cerdo, se ha establecido como referencia que la cantidad total de este nutriente recuperado con la fracción seca final es un 85 %⁸. A modo de ejemplo, en la Tabla 2 se presentan los resultados analíticos de la fracción seca del purín de una granja de cerdos de engorde después de ser tratados en una prueba piloto de secado solar. Hay que tener en cuenta que la utilización de ácido sulfúrico para disminuir el pH puede conllevar un incremento de la salinidad en la fracción secada, que puede tener efectos agronómicos negativos a largo plazo.

En algunos casos, sobre todo con purines, el secado solar se puede aplicar como un paso previo al compostaje, para obtener un material con la humedad adecuada para este último proceso. En otras situaciones, principalmente cuando se trata la fracción sólida de los purines, el material se seca hasta contenidos de humedad menores al 10 %, lo que supone una disminución de la actividad microbiana. Hay que tener en cuenta que el secado solar no conlleva una estabilización del material y, por tanto, si se incrementa la humedad del material secado durante su almacenamiento se reactivarán los procesos de descomposición y de emisiones de gases asociados a estos. Ensayos agronómicos preliminares han indicado que la aplicación de nutrientes a partir de la fracción seca de los purines de cerdo, en cantidades parecidas a un control con fertilización equivalente a base de purines frescos, resulta en niveles de productividad que son parecidos o incluso superiores a los del control (Figura 3).

• • • • • • • •

⁸ PRENAFETA-BOLDÚ y PARERA (2020).



Tabla 2.

Parámetros de calidad del fertilizante de la fracción de purín de cerdo seco en relación con los valores umbral estándar para los fertilizantes orgánicos sólidos en la UE

Parámetro	Unidad	Valor medido	Límite regulatorio ^a
Materia seca	(% peso)	89	40 (min)
NPK	(% peso)	4,3-2,5-3,8	2,5-2,0-2,0 (min)
NPKS (elemental)	(% peso)	4,3-1,1- 3,1- 2,2	–
N orgánico/N total	(% peso)	32	–
N amoniacal/N total	(% peso)	68	–
Cadmio (Cd)	(mg kg ⁻¹) ^c	< 0,5	1,5
Cobre (Cu)	(mg kg ⁻¹) ^c	152	200 ^b
Níquel (Ni)	(mg kg ⁻¹) ^c	7	50
Plomo (Pb)	(mg kg ⁻¹) ^c	< 5	120
Zinc (Zn)	(mg kg ⁻¹) ^c	1,357	600 ^b
Mercurio (Hg)	(mg kg ⁻¹) ^c	< 0.4	1
Cromo hexavalente (Cr VI)	(mg kg ⁻¹) ^c	< 1	2
<i>Escherichia coli</i>	(UFC g ⁻¹) ^d	< 10	1000
<i>Salmonella spp.</i>	(P/A 25 g) ^e	Ausente	Ausente

^a Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sobre la comercialización de productos fertilizantes con el marcado CE y se modifican los Reglamentos (CE) n.º 1069/2009 y (CE) n.º 1107/2009.

^b Debe declararse en la etiqueta si el contenido supera el valor umbral.

^c Relativo a la materia seca.

^d Unidades formadoras de colonias por gramo de muestra fresca.

^e Presencia/ausencia en 25 gramos de muestra fresca.

Fuente: Prenafeta-Boldú *et al.* (2021).

Figura 3.

Ensayo agronómico en contenedores utilizando un suelo totalmente mineral (granítico), sembrado con raigrás (*Lolium perenne*; 8 g de semillas en cada contenedor), fertilizado con fracción seca (FS) o purín fresco (PF) en dosis equivalentes de 50 % (85 kg-N Ha⁻¹), 100 % (170 kg-N Ha⁻¹) y 200 % (340 kg-N Ha⁻¹)*

Dosis en peso fresco (g)			12 días después de la siembra	40 días después de la siembra
Blanco: 0	FS 50 %: 31,5	PF 50%: 160		
	FS 100 %: 63,0	PF 100%: 318		
	FS 200 %: 126,0	PF 200%: 636		

* Resultados no publicados.



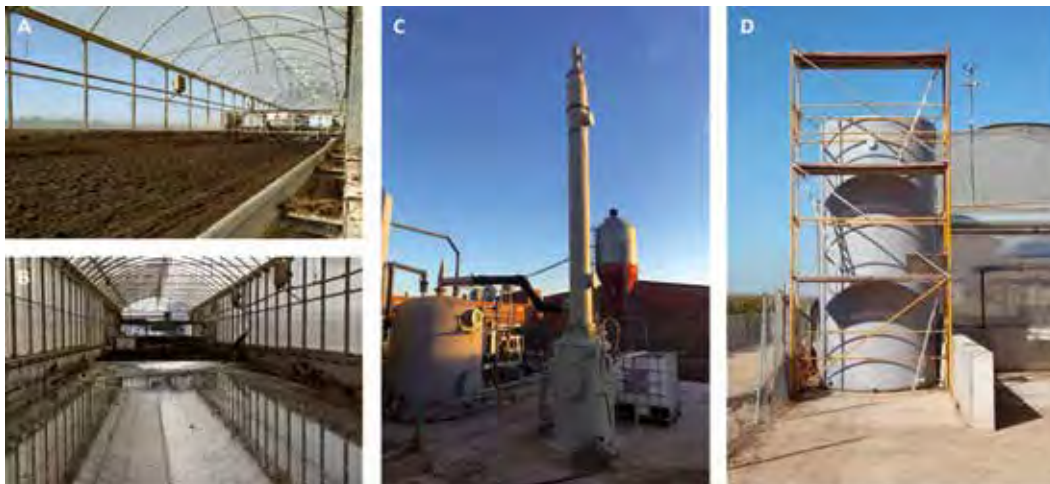
5. Integración del secado solar con otras tecnologías de tratamiento

Actualmente se está llevando a cabo en Cataluña un caso de estudio en el marco del proyecto Europeo Circular Agronomics⁹ para valorizar las deyecciones porcinas en forma de fertilizantes orgánicos de calidad, una vez sometidas al proceso de digestión anaerobia, a una posterior separación sólido-líquido del digestato mediante centrifugación y al secado solar tanto del digestato como de la fracción sólida obtenida (Figura 4). Por otro lado, la fracción líquida se trata mediante la tecnología de *stripping*-absorción para obtener una corriente rica en nitrógeno amoniacal que puede utilizarse también como producto fertilizante. El estudio se realiza en una planta de biogás anexa a una granja de porcino localizada en la Comarca del Pla d'Urgell (Lleida), que trata las deyecciones y otros productos de la industria agroalimentaria.

Los productos se acidifican antes de ser depositados en el secadero para minimizar las emisiones de amoníaco. Además, se ha desarrollado un sistema de volteo y un biofiltro adaptados a las características del proceso de secado solar (Figura 4). Las emisiones en el interior del secadero y a la salida del biofiltro se monitorizan de forma periódica para registrar su evolución y ajustar la acidificación del producto de entrada. Los productos fertilizantes obtenidos se testan en diferentes rotaciones de colza, guisante y trigo y, en términos de rendimiento de cultivo, se comparan con parcelas con fertilización de origen mineral, así como con controles sin fertilización.

Figura 4.

Planta de tratamiento de deyecciones ganaderas del proyecto Circular Agronomics en el Pla d'Urgell, Lleida: (A) Secado solar del digestato y (B) de la fracción sólida del digestato; (C) unidad de *stripping*-absorción del amoníaco de la fracción líquida del digestato y (D) biofiltro para el tratamiento de gases



⁹ <https://www.circularagronomics.eu/>.



6. Conclusiones

El aprovechamiento de la energía solar para el secado de las deyecciones ganaderas es un proceso viable, siempre y cuando se combine con la acidificación de las mismas y/o la biofiltración del aire para controlar las pérdidas de amoníaco y otras emisiones gaseosas. La tecnología del secado solar es sinérgica con otros procesos de tratamiento de las deyecciones, y tiene una serie de ventajas en relación con otros métodos alternativos. No obstante, también presenta algunas limitaciones importantes, especialmente por la gran necesidad de superficie disponible para la construcción del invernadero y por el coste de este (Tabla 3). Por otra parte, la fracción seca obtenida es un fertilizante orgánico útil que retiene y concentra los nutrientes, pero también elementos indeseados como los metales utilizados en las dietas de los animales (zinc y cobre), que estaban originalmente presentes en los purines de cerdo y que afectan directamente a la calidad del producto final. También es importante tener en cuenta que las condiciones de operación estarán sujetas a una elevada estacionalidad, pero se ha demostrado que el proceso es viable desde marzo hasta octubre. Será necesario, por tanto, disponer de la suficiente capacidad de almacenamiento de las deyecciones para compensar estas diferencias.

Tabla 3.
Principales ventajas e inconvenientes del proceso de secado solar de las deyecciones ganaderas como tecnología de tratamiento en la granja

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">• El secado solar de las deyecciones ganaderas permite el aprovechamiento de una fuente de energía renovable, no contaminante y gratuita (bajos costes variables).• Supone la higienización parcial de las deyecciones (exposición a oscilaciones diarias de temperatura con valores máximos que pueden ser equivalentes a la fase termófila del compostaje).• Es una tecnología muy versátil, que sirve para tratar diferentes tipologías de deyecciones (estiércol y purín) y las fracciones obtenidas a partir de estas (fracción sólida de la separación mecánica, digestato de la digestión anaerobia, y fangos activos del tratamiento aerobio).• Es fácil de complementar con otras tecnologías consolidadas de tratamiento (separación sólido/líquido, compostaje, digestión anaerobia y la nitrificación-desnitrificación).	<ul style="list-style-type: none">• Requiere de mucha superficie para la instalación del invernadero.• La eficiencia del proceso depende de las condiciones meteorológicas (no operativo en las estaciones frías, o en lugares que reciban poca radiación solar directa).• Es necesario implementar medidas adicionales para el control de las emisiones atmosféricas.• Al contrario de las técnicas de separación o de nitrificación-desnitrificación, no se recupera el agua para su aprovechamiento en fertirrigación.• Hay que instalar sistemas de homogeneización para romper la costra superficial de las deyecciones líquidas.• Requiere el uso de ácidos fuertes para controlar las emisiones de amoníaco.

Fuente: Prenafeta-Boldú y Parera (2020).

En resumen, el secado solar de las deyecciones ganaderas ya se aplica en granja, pero sigue siendo un campo activo para la investigación y la mejora tecnológica tal y como demuestra el proyecto europeo Circular Agronomics mencionado anteriormente. El perfeccionamiento del diseño y la implementación de equipos específicos en instalaciones a gran escala como, por ejemplo, los sistemas de mezcla y acidificación de las deyecciones es fundamental para obtener mejores rendimientos y disminuir las emisiones. Otras mejoras en estudio incluyen el uso de intercambiadores de calor entre los gases de entrada y salida, y sistemas de monitorización y automatización más precisos. También se está trabajando en el desarrollo de un modelo matemático que sirva de herramienta de simulación de



diseños y condiciones de operación que maximicen la eficiencia energética del proceso. Finalmente, se están investigando estrategias alternativas de acidificación (adición de ácidos orgánicos, estímulo de microorganismos bioacidificantes) para reducir el riesgo de trabajar con ácido sulfúrico concentrado y prevenir las emisiones de sulfuro de hidrógeno.

Agradecimientos

Los coautores del IRTA y la Universitat de Lleida pertenecen grupo de investigación consolidado TERRA (ref. 2017 SGR 1290, AGAUR) y han recibido soporte financiero del programa CERCA de la Generalitat de Catalunya. La investigación actual sobre el secado solar de las deyecciones ganaderas realizada por el IRTA y EMA Depuració i Enginyeria de l'Aigua SL está financiada por el proyecto europeo Circular Agronomics (EU Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation, ref. 773649).

Referencias bibliográficas

BELESSIOTIS, V. y DELYANNIS, E. (2011): «Solar drying»; *Solar Energy* 85(8); pp. 1665-1691.

BENNAMOUN, L.; ARLABOSSE, P. y LÉONARD, A. (2013): «Review on fundamental aspect of application of drying process to wastewater sludge»; *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28; pp. 29-43.

GALLIOU, F.; MARKAKIS, N.; FOUNTOULAKIS, M. S.; NIKOLAIDIS, N. y MANIOS, T. (2018): «Production of organic fertilizer from olive mill wastewater by combining solar greenhouse drying and composting»; *Waste Management* 75; pp. 305-311.

KRAWCZYK, P. y BADYDA, K. (2012): «Investigation of thermo-flow processes in a solar thin-layer wastewater sludge drying facility. Ambient conditions impact on drying rates»; *Polish Journal of Environmental Studies* 21; pp. 246-250.

MAPA (2020): «El Sector de la Carne de Cerdo en Cifras»; *Principales Indicadores Económicos*. Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios, Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas.

MATHIOUDAKIS, V. L.; KAPAGIANNIDIS, A. G.; ATHANASOULIA, E.; DIAMANTIS, V. I.; MELIDIS, P. y AIVASIDIS, A. (2009): «Extended dewatering of sewage sludge in solar drying plants»; *Desalination* 248(1); pp. 733-739.

MATHIOUDAKIS, V.L.; KAPAGIANNIDIS, A. G.; ATHANASOULIA, E.; PALTZOGLU, A. D.; MELIDIS, P. y AIVASIDIS, A. (2013): «Sewage Sludge Solar Drying: Experiences from the First Pilot-Scale Application in Greece»; *Drying Technology* 31(5); pp. 519-526.



OIKONOMIDIS, I. y MARINOS, C. (2014): «Solar sludge drying in Pafos wastewater treatment plant: operational experiences»; *Water Practice and Technology* 9(1); pp. 62-70.

PIRASTEH, G.; SAIDUR, R.; RAHMAN, S. M. A. y RAHIM, N. A. 2014. A review on development of solar drying applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31:133-148.

PRENAFETA-BOLDÚ, F. X.; BURGOS, L.; NOGUEROL, J.; MERCADER, M.; SOLER, J. y FERNÁNDEZ, B. (2020): «Solar drying in the vineyard: a sustainable technology for the recovery of nutrients from winery organic waste»; *Water Science and Technology* 82(1); pp. 27-38.

PRENAFETA-BOLDÚ, F. X.; FERNÁNDEZ, B.; VIÑAS, M.; NOGUEROL, J.; SOLER, J. y ILLA, J. (2021): «Combined acidification and solar drying of pig slurries for nutrient recovery and controlled atmospheric emissions»; *Agronomy* 11(2); pp. 222.

PRENAFETA-BOLDÚ, F. X. y PARERA, J., eds. (2020): *Guia de les Tecnologies de Tractament de les Dejeccions Ramaderes a Catalunya*. Barcelona, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARP); pp. 71.

SANCHO ÁVILA, J. M.; RIESCO, MARTÍN, J.; JIMÉNEZ ALONSO, C.; SÁNCHEZ DE COS, M. C.; MONTERO CADALSO, J. y LÓPEZ BARTOLOMÉ, M. (2012): *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT*. Agencia Española de Meteorología (AEMET); pp. 162.

ZAMBON, I.; CECCHINI, M.; MOSCONI, E. M. y COLANTONI, A. (2019): «Revolutionizing towards sustainable agricultural systems: The role of energy»; *Energies* 12(19); pp. 3659.





Avicultura alternativa y sostenibilidad

José Carlos Terraz
Avialter

Resumen / Abstract

El artículo afronta un análisis sobre la sostenibilidad de las aves rurales teniendo en cuenta el contenido del Pacto Verde Europeo y de su Estrategia 'De la Granja a la Mesa' y la de Biodiversidad para 2030.

Considerando toda la vida del producto y no solo el de base, sino todo el conjunto de bienes y servicios que las aves rurales ofrecen a la sociedad, el carácter extensivo de sus producciones, el acceso a parques con vegetación, el desarrollo en el ámbito de la agricultura familiar y su marcada orientación a los circuitos cortos de comercialización, y a la calidad, las aves rurales están en el corazón del Pacto Verde Europeo.

Las aves rurales mejoran las condiciones de vida de unos avicultores que se sienten orgullosos de sus producciones y satisfacen a los consumidores. Aportan rentas complementarias vitales para la economía familiar y para la dinamización de los territorios rurales. Y, al mismo tiempo, mejoran la competitividad del sector avícola, ya que lo hacen más rico y diverso para atraer a un mayor número de ciudadanos y consumidores.

Las aves rurales son sostenibles, sin embargo, deben lograr la influencia necesaria para que las normas legales tengan en cuenta sus particularidades, así como que garanticen un etiquetado que informe al consumidor de forma clara y honesta, preservando para ellas en exclusiva el uso de los valores que les son propios.

The article addresses an analysis about the sustainability of rural poultry considering the content of the European Green Deal and its Farm to Fork and Biodiversity strategy for 2030.

Regarding the whole life of the product and not only the basic product but also the whole range of goods and services that rural poultry offer to society, the extensive nature of their production, access to parks with vegetation, its development in the field of family farming and its strong focus on short marketing circuits, rural poultry are at the heart of the European Green Deal.



Rural poultry improve the living conditions of poultry farmers who are proud of their productions and satisfy consumers. They provide complementary incomes, which are vital to the family economy and to the revitalization of rural territories. At the same time, they improve the competitiveness of the poultry sector because they make it richer and more diverse to attract more citizens and consumers.

Rural poultry are sustainable, however, they must achieve the necessary influence to ensure that the legal rules take account of their particularities, as well as to ensure labelling that informs the consumer in a clear and honest manner, preserving for them the exclusive use of their own values.

1. Introducción

Desde la publicación de la Directiva 1999/74 CE por la que se establecen normas mínimas de protección de las gallinas ponedoras, el sector avícola de puesta –europeo y español– está inmerso en una transformación en busca del bienestar animal aceptado por la ley y la sociedad del momento. Esta evolución le ha llevado de producir huevos de gallinas en jaulas casi exclusivamente, a ir aumentando poco a poco la producción de huevos de: «gallinas camperas», «gallinas criadas en suelo» y «producción ecológica». A finales de 2019, el número de explotaciones con sistemas de cría alternativos ya sumaban el 64 % del total aproximadamente, mientras que en 2009 solo eran el 40 %. Sin embargo, en España, entre todos los censos correspondientes a los sistemas de «suelo», «camperas» y «ecológicas», el total de gallinas solo alcanza el 23 %, muy lejos de la media de Europa (52 %) y más aún de los países que en esto van en cabeza como Alemania, Holanda, Austria, Dinamarca o Suecia, donde la situación de las gallinas en jaulas es muy minoritaria. Las explotaciones avícolas dedicadas a la puesta de huevos fueron bajando hasta hacer su mínimo en 2012, con algo más de 1.000, para después ir en aumento año tras año hasta alcanzar las 1.379 en 2019¹. Por lo tanto, las «alternativas», en general, son explotaciones con un número de aves mucho menor que las convencionales –con jaulas– y hacen que la cantidad de explotaciones y de productores aumente. Con ellas, el sector se expande.

Hoy en día, esta transformación continúa a un ritmo todavía mayor. Por tanto, podemos decir que el sector, más allá de las exigencias legales, forzado por las decisiones de la distribución y de la industria alimentaria, se ve obligado a dejar de producir huevos con gallinas enjauladas. La mayor parte de las principales distribuidoras y las más grandes empresas alimentarias han anunciado públicamente su compromiso para dejar de vender, o de utilizar en sus producciones, huevos de gallinas criadas en jaulas. Incluso, se han comprometido apoyando la iniciativa ciudadana ‘End the Cage Age’ con una carta dirigida a la Comisión Europea². Así pues, en unos pocos años todo el sector productor de huevos



¹ MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020).

² <https://www.ciwf.it/media/7444461/food-businesses-letter-to-eu.pdf>.



será «alternativo»³. La jaula ya no es una opción. Considero que todo esto no sería posible si de fondo no lo impulsara el deseo de los ciudadanos y consumidores europeos de un mayor bienestar animal.

Estas nuevas granjas «sin jaulas» son producciones mucho más intensivas que las que se desarrollaron a principios del actual siglo. Aquellos productores alternativos instalaban pequeñas granjas de gallinas camperas en un solo nivel, ya que el mercado era pequeño, pero también porque el modelo estaba pensado para producir solo a una parte reducida de los consumidores, que era exigente y que estaba predispuesta a informarse más en profundidad. Estas granjas «alternativas» iniciales se pueden mostrar abiertamente al consumidor. Se construyeron por pequeños y, en muchos casos, nuevos avicultores para una libertad y bienestar máximo de las aves muy en línea de la imagen que el consumidor tenía del modelo de producción: son visitables. Aquellos pioneros hoy ven cómo se desarrolla una intensificación sobre los valores e imágenes que ellos crearon. Esta intensificación de la producción «alternativa» que logra eficiencias en la producción con reducción de costes que las pequeñas explotaciones no pueden alcanzar, les deja sin poder competir por precio en el gran mercado donde la comunicación con el consumidor queda relegada a la etiqueta. El etiquetado obligatorio del sistema de cría de las gallinas iguala a todas las producciones «alternativas» en una sola categoría. Los pequeños productores tienen muy difícil alcanzar la competitividad si no pueden por costes, ni por necesidad de márgenes unitarios más altos, y les usurpan sus imágenes que comunican al consumidor los valores que le son propios: pequeña explotación, artesanía, libertad... Más aún, la autorización (consensuada entre el Ministerio y las comunidades autónomas) de incluir en el etiquetado la mención «libres de jaulas» facilita la pretensión de simplificar en una sola categoría todo huevo que no sea producido con jaulas, perjudicando, a mi juicio, a las producciones con acceso al aire libre y a la correcta información del consumidor. La verdad es que, si se hubiera elegido la mención «libres de campo» para los huevos producidos en jaulas, aún hubiera sido peor.

La producción alternativa de carne de ave en España —la principal será la de pollos— se ha desarrollado muy poco todavía, ya que las condiciones no han sido muy favorables hasta ahora. Un cumplimiento escaso de las exigencias legales sobre el etiquetado facultativo de los sistemas de cría y la falta de mataderos preparados para sacrificar unas aves con morfología y necesidades de procesado diferentes a los «broiler» son las razones fundamentales que han impedido el desarrollo de la actividad. Pero esta realidad está cambiando. La publicación del Decreto 1086/2020, de 9 de diciembre, hace posible la instalación de pequeños mataderos para sacrificar aves de la propia explotación, que son vendidas en pequeñas cantidades en circuitos cortos de comercialización, además de regular excepciones a la norma general para los mataderos de reducida capacidad. Si sumamos a estas medidas de flexibilización, el cumplimiento de la norma de comercialización en cuanto al etiquetado facultativo del sistema de cría⁴, los problemas de calidad de la carne de pollo «broiler», la necesidad del sector de ganar margen y diferenciación frente a producciones de regiones de Europa —y otras del mundo— con menores costes de producción y, además, un creciente interés de los consumidores por el origen y la manera en la que se producen sus alimentos, así como de un mayor bienestar animal, veremos en los próximos años un aumento en el desarrollo de la avicultura alternativa de carne de

• • • • •

³ En el tiempo de edición de este artículo para ser publicado, el Parlamento EU decidió apoyar la iniciativa ciudadana el 10-06-2021 (Parlamento Europeo, 2021) y la Comisión Europea aceptó la invitación a legislar al respecto (Comisión Europea, 2021).

⁴ Art. 11-14 y anexo V del Rg 543/2008 y Anexo IX del Rg 1308/2013.



ave en Europa y en España. Como en el caso de los huevos tendremos, por un lado, la producción alternativa más intensiva y exigente en capital, y por otro, a las aves rurales.

2. De la avicultura alternativa a las aves rurales

Entendemos por aves rurales a productores y producciones muy diferentes, pero que tienen una ética y notas comunes. Desde aves vendidas en vivo para cría y consumo en el hogar, a aves listas para consumir y a huevos producidos por pequeños productores independientes o asociados en organizaciones orientadas a la calidad y diferenciación (algunos amparados por admirados sellos de calidad diferenciada como Eusko Label en el País Vasco o el Label Rouge francés) y que tienen por valores más habituales:

- Explotaciones de tamaño limitado, de escala humana.
- Cría con acceso al aire libre.
- Mayor bienestar animal.
- Utilización de estirpes de crecimiento lento y adaptadas a la cría con acceso al aire libre.
- Producciones de mayor calidad y sabor.
- Que se desarrollan dentro del concepto de agricultura familiar:
 - Arraigadas al terreno, a su cultura y tradiciones.
 - Contribuyen a la conservación y dinamización de los territorios.
 - Facilitan la incorporación de jóvenes por exigir inversiones a su alcance.
 - Atraen a los más jóvenes por desarrollarse con modos de producción mejor valorados por ellos y por la sociedad. Se sienten orgullosos de sus explotaciones.
 - Aportan rentas complementarias y permite una dedicación que facilita la conciliación.
 - Es una fuente de empleo femenino en el mundo rural.
- Gran orientación comercial a circuitos cortos.

Por estas características comunes, las aves rurales son algo distinto de la avicultura alternativa como se está configurando hoy.

Según las estimaciones de ERPA (European Rural Poultry Association) con los datos aportados por sus asociados, las aves rurales pueden suponer aproximadamente un 5 % de la avicultura europea.



Su presencia es muy importante en algunos países y regiones de Europa, como en Francia, donde las aves Label Rouge y Bio son elegidas por los consumidores en dos de cada tres compras de canales enteras de pollo para consumo en el hogar y en un 27 % de las compras de huevos⁵. O aquí, en el País Vasco donde, según los datos de 2019, los huevos con sello de calidad superior Eusko Label llegan al 6 % del total de huevos producidos en Euskadi (17 productores con 102.000 gallinas) y los pollos de Caserío Vasco Eusko Label (sistema de cría campero tradicional) suman el 15 % del total de pollo producido en la Comunidad (32 productores con 82 unidades de producción)⁶. Además de estas destacadas producciones de aves rurales, ya son cientos de granjas las que se desarrollan en España aportando rentas complementarias o siendo la fuente principal de ingresos de emprendedores que desean vivir en el mundo rural, muchas veces en zonas desfavorecidas, a las que aportan dinamismo y juventud. Sobre la sostenibilidad de estas producciones hablaremos a continuación.

3. La sostenibilidad de las aves rurales

Las aves rurales deben celebrar la llegada del Pacto Verde Europeo y su Estrategia 'De la Granja a la Mesa' y la de Biodiversidad para 2030, ya que los valores que caracterizan a las aves rurales las colocan en el centro de sus objetivos y consideraciones como iremos viendo más adelante. Podemos pensar que, a mayor coincidencia, más próximas están de la sostenibilidad. Aunque, finalmente, haya que analizar cada explotación para ver su realidad y posibilidades de mejora.

Pretender el desarrollo sostenible entendido como aquel que «satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones» (*Informe Brundtland*, 1987) hace que las aves rurales sean hoy más competitivas al ser valoradas por el conjunto de bienes y servicios que proveen a la sociedad y no solo por el producto de base.

El Pacto Verde Europeo, con su objetivo primario de convertir a Europa en climáticamente neutra en 2050, contiene como uno de sus elementos esenciales la Estrategia 'De la Granja a la Mesa' que, después de reconocer que la agricultura «es el único sistema importante del mundo que ha reducido sus emisiones de gases de efecto invernadero (GES)», tiene en cuenta que «los sistemas alimentarios siguen siendo uno de los principales motores del cambio climático y la degradación del medioambiente» y que «existe la necesidad urgente de reducir la dependencia de plaguicidas y antimicrobianos, disminuir el exceso de fertilización, aumentar la agricultura ecológica, mejorar el bienestar de los animales y revertir la pérdida de biodiversidad». Se presenta como una oportunidad «para impulsar la economía, mejorar la salud y la calidad de vida de las personas, cuidar de la naturaleza y no dejar a nadie atrás». Hace «llamamientos en favor de que las cadenas de suministro sean más cortas». Considera que es «esencial para el éxito de la recuperación y de la transición el garantizar medios de vida sostenibles para los productores primarios, que aún están rezagados en términos de ingresos» con respecto a otros trabajadores. Induce una transición de la economía hacia la calidad de las producciones que «les permitirá hacer de la sostenibilidad su marca y garantizar el futuro de la cadena alimentaria de la UE antes de que lo hagan sus competidores del resto del mundo.



⁵ <http://www.volailllabelrouge.com/fr/category/chiffres-cles/>.

⁶ Datos facilitados por HAZI Desarrollo Rural, Litoral y Alimentario (Gobierno Vasco).



La transición a la sostenibilidad representa la oportunidad de ser «pioneros» para todos los agentes de la cadena alimentaria de la Unión».

De una manera general, podemos ver cómo las aves rurales están bien encaminadas por la senda que traza el Pacto Verde Europeo.

La Estrategia sobre la Biodiversidad para 2030 de la UE se desarrolla sobre la certeza de que garantizar la biodiversidad es esencial para mejorar nuestra salud y bienestar, que nos procura alimentos, materias primas y ocio, que está íntimamente relacionada con la crisis climática, que son interdependientes, y que, en definitiva, es esencial para la vida. Además, contribuye de manera determinante en la economía. Para el caso que nos ocupa en este artículo, quiero destacar la pretensión concreta de la Estrategia de restaurar los ecosistemas degradados impulsando la agricultura ecológica (25 % de las tierras agrarias en 2030) y los elementos paisajísticos ricos en biodiversidad en las tierras agrícolas, favorecer el desarrollo de los polinizadores, reducir el uso de plaguicidas y antibióticos y plantar 3.000 millones de árboles para 2030.

La sostenibilidad de las aves rurales en sus ámbitos social, económico y medioambiental, como la de otras producciones o actividades económicas, hay que abordarla considerando «todo el ciclo de vida del producto». En la práctica podemos considerar que serán sostenibles en la medida que respeten el contenido del Pacto Verde y de las Estrategias ‘De la Granja a la Mesa’ y sobre la Biodiversidad. Y la manera de abordarlo debería de ser dialogada y consensuada con todos los intervinientes en el ciclo, la sociedad y los expertos e investigadores en la materia.

En España falta todavía investigación al respecto. En concreto, sobre las aves rurales no conozco ninguna. Me parece muy interesante el método OVALI⁷. El objetivo de este trabajo es proponer un método de evaluación de la sostenibilidad para reflexionar sobre las vías de progreso. El método OVALI ha sido concebido de manera participativa para tener en cuenta las dificultades y exigencias de los diferentes eslabones que intervienen en el sector, de la investigación y la sociedad civil. Utilizaré su contenido en los apartados siguientes y a él remito a quien desee profundizar.

4. Sostenibilidad económica

Para que la actividad sea sostenible económicamente se ha de lograr una retribución suficiente por sus producciones para alcanzar beneficios atractivos en todos los eslabones de la cadena de producción, sin dejar a nadie atrás. Según el método OVALI alcanzar la sostenibilidad económica conlleva perseguir estos tres objetivos:

1. Crear valor sobre el territorio:
 - Mejorar la competitividad del sector.

• • • • • • • •

⁷ MEDÁ, POTRINO y BOUVAREL (2014).



- Asegurar una rentabilidad para cada uno de los eslabones de la cadena.
 - Crear empleos locales.
2. Conectar el sector con el mercado:
- Responder a las demandas de los consumidores.
 - Mejorar el diálogo entre todos los eslabones, incluida la distribución
 - Estimular las innovaciones técnicas, de productos, de servicios.
3. Contribuir a la autosuficiencia alimentaria del país:
- Garantizar la autosuficiencia en aves.
 - Reducir la dependencia de proteínas vegetales importadas para la alimentación animal.

Teniendo presentes estos puntos de análisis, las aves rurales tienen claras fortalezas en este ámbito de la sostenibilidad. Mejoran la competitividad del sector porque lo hacen más rico y diverso para atraer a un mayor número de consumidores y ser la elección para momentos de consumo en los que las producciones avícolas «industriales» no son una opción. Las aves rurales son elegidas para las comidas del día a día y, también, para ocasiones en las que la buena mesa forma parte del evento: celebraciones familiares, encuentros con amigos, Navidad, restauración del más alto nivel, etc. Las aves rurales como complemento de las producciones avícolas intensivas hacen más grande a la avicultura.

Las aves rurales con alta diferenciación tienen la opción de dirigirse a circuitos cortos de comercialización. Ya sea para vender huevos (camperos o ecológicos) o para vender carne de ave procedente de un matadero en la propia explotación (sistemas de cría «campero tradicional», «campero criado en total libertad» y «producción ecológica») o de un pequeño matadero. Aquí, la rentabilidad se puede alcanzar con volúmenes de producción pequeños y márgenes unitarios altos (venta directa) si lo comparamos con la avicultura intensiva. Este modelo de negocio exige inversiones abordables por pequeños agricultores y jóvenes que quieren vivir en el campo. Es una oportunidad de aportar rentas complementarias y de crear puestos de trabajo en el medio rural, que son especialmente importantes en zonas desfavorecidas. Si existe una organización en torno a la cual se desarrolle la actividad, que gestione, coordine, aporte soluciones técnicas y comercialice las producciones se pueden instalar explotaciones de mayor tamaño y dirigirse a circuito largo de comercialización. En esta opción de circuito largo se ha de sumar diferenciación y eficiencias suficientes para lograr la rentabilidad. Una marca de calidad superior con garantías, bien gestionada tanto en la producción como en el mercado, aportará unos valores determinantes para lograr la rentabilidad.

Para alcanzar la sostenibilidad económica (la rentabilidad mantenida en todos los eslabones) es necesario abordar con éxito el siguiente objetivo del análisis: conectar el sector con el mercado. El cliente nos da su dinero cuando lo valora menos que el producto que le ofrecemos. Por lo tanto, mantener la rentabilidad en el tiempo es responder permanentemente a las necesidades de nuestros clientes. Aquí, además de una actitud atenta y reflexiva sobre la evolución de las necesidades de los



clientes, es totalmente necesario que a las aves rurales no les usurpen los valores que le son propios, pretendiendo confundir al consumidor con una oferta a menor precio, que aparenta lo mismo, pero que es de inferior calidad. Un etiquetado correcto es necesario para lograr una adecuada segmentación del lineal en la distribución y, con ello, que el consumidor pueda elegir con información y criterio. Así, las elecciones de los consumidores determinarán los modos de producción y orientarán a los productores para ser capaces de mejorar el diálogo con todos los eslabones, incluida la distribución. Y con ello, se podrán dirigir adecuadamente sus esfuerzos en objetivos concretos de innovación. Esto es vital para la sostenibilidad de las aves rurales.

Las aves rurales deben contribuir a que el sector avícola, en su objetivo de autosuficiencia alimentaria, sea capaz de garantizar el suministro necesario de alimentos asequibles y de calidad para todos, tal y como dice la Estrategia 'De la Granja a la Mesa'. Considero que, como ya he dicho anteriormente, las aves rurales complementan el sector avícola haciéndolo más rico y diverso, más orientado a las necesidades de los consumidores.

Reducir la dependencia de las proteínas vegetales de importación es necesario para mejorar la sostenibilidad económica y ambiental. Aquí, las aves rurales tienen un importante ámbito de mejora y desarrollo. Si no, estamos a expensas de los vaivenes e inseguridades de los mercados mundiales que, además de los criterios propios de la producción, del comercio y de las incertidumbres de los vientos políticos, otras amenazas impredecibles y difíciles de gestionar pueden determinar finalmente nuestra producción, la cría de nuestras aves. Lo hemos vivido en lo más crudo de la crisis de la COVID-19. El suministro de alimentos se ha logrado asegurar, pero se ha puesto de manifiesto la debilidad que supone la dependencia de mercados globales. Hablaré también de esta cuestión con ocasión de la sostenibilidad medioambiental.

Otro desafío al que han de hacer frente las aves rurales es la lentitud de la Administración en la concesión de los permisos necesarios para ejercer la actividad. Es fuente de desánimo para muchos emprendedores porque exige fondos para vivir mientras se tramitan, y una energía y determinación que muy pocos logran reunir.

El cambio de escala en la producción ecológica es otra dura realidad, en especial, para los pioneros en la producción ecológica de huevos porque les cambiaron las reglas del juego a mitad de la partida. Se modificó la interpretación sobre el tamaño máximo de las naves de gallinas en régimen ecológico, pasando de un máximo de 3.000 gallinas por granja a no tener límite (ahora, 3.000 gallinas por gallinero/partición de una nave). También se amplía con la entrada en vigor del nuevo reglamento⁸ el tamaño máximo para la producción ecológica de carne de pollo. Hoy, la intensificación de la producción ecológica es una realidad que dificulta enormemente la viabilidad de las pequeñas explotaciones.

El sello ecológico europeo unifica en el mercado a todas las producciones avícolas ecológicas. Las aves rurales en régimen ecológico deberán buscar marcas de calidad diferenciada que las identifique, para que los consumidores las puedan elegir más allá de los circuitos cortos de comercialización. El sello «Bienestar animal avalado por ANDA» es la opción creada por AviAlter para producción ecológica

• • • • • • • •

⁸ Reglamento 848/2018 de 30 de mayo y Reglamento 464/2020 de 26 marzo.



de huevos. Además de exigir mejores condiciones para que se dé un mayor bienestar animal, las distingue porque exige que como máximo se críen 3.000 gallinas por nave y 18.000 por explotación.

Las aves rurales orientadas a la calidad, con mejores márgenes y enraizadas en el terreno (pueden gozar de IGP o DOP), hacen al sector más sostenible en cuanto que son producciones mejor preparadas para la competencia internacional tanto por hacer frente a importaciones de otras regiones del mundo como por su interés en la exportación hacia lugares y consumidores que aprecien su calidad, que así lo entiende también la Estrategia 'De la Granja a la Mesa'. Las aves rurales no son «deslocalizables».

5. Sostenibilidad medioambiental

Siguiendo con el esquema que propone OVALI, avanzar hacia la sostenibilidad ambiental debe perseguir estos objetivos:

1. Optimizar la gestión de los recursos:
 - a) Optimizar el consumo de energía no renovables.
 - b) Optimizar a utilización de recursos no renovables (aparte de la energía).
 - c) Optimizar la utilización del agua.
 - d) Preservar la diversidad genética y los recursos.
2. Gestionar los impactos medioambientales:
 - a) Limitar las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) y de partículas.
 - b) Preservar la calidad del suelo y del agua.
 - c) Utilizar los subproductos animales y vegetales del subsector.
3. Preservar el medio natural en la zona:
 - a) Integrar mejor las instalaciones en el paisaje.
 - b) Minimizar el impacto de los útiles de producción sobre el medio natural.
 - c) Favorecer la biodiversidad.

Por lo general, las aves rurales son criadas en naves avícolas con muy bajo consumo de energía: baja densidad de cría, ventilación natural (o con bajas necesidades) e iluminación natural. Son naves de cría que fácilmente pueden acercarse al concepto de «nave de cría con bajo consumo de



energía»⁹, siendo el primer paso para alcanzar una nave de «energía positiva» (Bâtiment d'élevage à énergie positive BEBC+) ¹⁰, que es aquella que genera más energía que la que consume. Sumando instalaciones para generar energías renovables en una instalación de bajo consumo, llegamos a naves que consumen menos energía que la que generan.

Sin llegar a crear una «planta de energía renovable», que desvirtúe el objetivo agroganadero principal de una explotación de aves rurales, es frecuente encontrar hoy naves de gallinas camperas y ecológicas equipadas con placas fotovoltaicas y aerogeneradores eléctricos, que generan la mayor parte de la energía que consumen, e incluso explotaciones desconectadas de la red eléctrica porque son autosuficientes.

Siendo la avicultura la producción ganadera que mejor optimiza la utilización de recursos no renovables, quizás, el índice de transformación es el punto más débil para las aves rurales en este apartado. Es cierto que las gallinas camperas y ecológicas consumen más pienso por kg de huevo producido que las enjauladas. Y podemos decir lo mismo para los pollos camperos. Sin embargo, esto no se debe analizar aisladamente, sino dentro del ciclo total de vida del producto. Haciéndolo así, puede cambiar el resultado, pues la producción de huevos y carne con aves rurales suele tener un marcado carácter local tanto en la producción y en sus aprovisionamientos como en la venta. No son, en general, «alimentos kilométricos». La mejora en este aspecto la encontrarán las aves rurales en los aprovisionamientos de cercanía. Alimentar a las aves con materias primas adquiridas a los agricultores cercanos permite, además de reducir la «huella de carbono», encontrar sinergias con los agricultores de la zona al fertilizar sus tierras con el estiércol producido por las aves rurales. Como en todas las producciones ganaderas, en las aves rurales se aplica la alimentación por fases, así como todos los aditivos que mejoran el aprovechamiento digestivo de los nutrientes de la alimentación. Al igual que en otros modos de producción avícola las mejores técnicas disponibles (MTD) en la alimentación son aplicadas para optimizar el uso de los recursos naturales y minimizar los residuos.

La optimización del agua es máxima en las aves rurales, pues el uso de bebederos de tetina que minimizan las pérdidas de agua, como en el resto de avicultura, está generalizado. Igualmente, es habitual disponer de contadores de agua que permiten tener un control preciso del consumo y detectar posibles averías que la desperdicien. Las aves rurales no precisan, por lo general, la refrigeración por evaporación en verano o lo hacen solo en momentos concretos de máximo calor. En la producción de carne de ave se usan estirpes de crecimiento lento más rústicas y con menor necesidad de refrigeración. En la producción de huevos, la baja densidad de cría minimiza también el consumo de agua para la refrigeración.

La competitividad de las aves rurales no solo se fundamenta en el precio, sino que la diversidad es un valor en sí misma. Impulsar el desarrollo de las aves rurales es favorecer la biodiversidad. En la producción de carne se utilizan decenas de diferentes cruces para ofrecer al consumidor pollos variados y adaptados a todos los gustos y momentos de consumo. En la producción de huevos son igualmente las aves rurales las que más variedad aportan. Por ejemplo, los cruces para producir huevos de diferentes colores (marrón oscuro, azules, verdes, crema...) son buscados por los

• • • • • • • • • •

⁹ ITAVI L'ISTITUTE DE L'ÉLEVAGE (2012).

¹⁰ ITAVI L'ISTITUTE DE L'ÉLEVAGE (2013).



pequeños productores para ser vendidos en circuitos cortos de comercialización, ya que les aporta una diferenciación que atrae al cliente y les permite incrementar el valor de sus producciones. Se espera que los trabajos que hay en marcha para la mejora genética de las razas autóctonas españolas nos ofrezcan en los próximos años aves bien adaptadas, con los programas sanitarios necesarios aplicados y en cantidad suficiente para que se concrete ese deseo de productores y consumidores de disponer de carne y huevos procedentes de nuestras razas autóctonas. La variedad de la avicultura rural favorece claramente la biodiversidad.

La reducción de los GEI procederá en gran medida del desarrollo de los circuitos cortos de comercialización y de aprovisionamiento. Estos deben conllevar igualmente colaboraciones para encontrar sinergias en este ámbito con agricultores y consumidores locales. La fertilización de las tierras con el estiércol de las aves, los acuerdos para proveer de materias primas, así como las ventas locales de las producciones de las aves rurales minimizan los GEI si se analiza todo el ciclo de vida del producto. Además, proyectos de investigación como el «Proyecto LIFE Ammonia Trapping»¹¹ nos han mostrado el camino por el que avanzar para capturar amoníaco en las explotaciones de aves rurales de tamaño medio para después usarlos como fertilizante de gran valor agronómico en forma de sal de amonio¹².

La baja necesidad de ventilación también minimiza la emisión de partículas a la atmósfera.

La sostenibilidad y resiliencia de las producciones ganaderas no deben ser evaluadas solo en base a la eficiencia del animal, ni de la manada, sino del sistema de producción. Reconectar la producción ganadera y la vegetal ofrece inmensas posibilidades de desarrollar sistemas agroalimentarios más eficaces, de eliminar pérdidas, reciclando biomasa entre los sectores, de reducir las emisiones de GEI y de contribuir a la eliminación de CO² de la atmósfera, restablecer los ecosistemas, asegurando sus fuentes de suministro y la adaptación al clima¹³.

Una vía de mejora de la sostenibilidad de las aves rurales es avanzar en su integración en sistemas agroforestales. Además de la producción principal de carne de ave o de huevos, la simbiosis que se da entre aves, pastos y árboles es fuente de numerosos beneficios materiales e inmateriales tanto para el medioambiente como para la sostenibilidad económica y social. Un método para evaluar los servicios prestados por las granjas con acceso al aire libre es el método «Bouquet». Este método sistematiza el análisis para evaluar cinco categorías de servicios a través de unos indicadores mesurables, pertinentes y compartidos¹⁴:

1. Relación entre el criador y el ciudadano consumidor:
 - a) Respuestas a la demanda de los consumidores y los ciudadanos.
 - b) Interacción de los consumidores y la sociedad.



¹¹ FUNDACIÓN GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (2020).

¹² <http://ammoniatrapping.com/>.

¹³ PEYRAUD y MACLEOD (2020).

¹⁴ CHIRON *et al.* (2019).



2. La calidad medioambiental:
 - a) Reciclaje de los nutrientes (ciclos de carbono, nitrógeno y fósforo...).
 - b) Atenuación del cambio climático.
 - c) Polinización.
 - d) Biodiversidad y continuidad de los ecosistemas.
3. Integración en el territorio:
 - a) Creación y mantenimiento de empleos locales.
 - b) Estética del paisaje.
 - c) Contribución a la identidad territorial.
4. Producción de recursos y de valores:
 - a) Producción de una renta y/o constitución de un patrimonio.
 - b) Aprovechamiento de productos agrícolas y de energías renovables.
5. La calidad de vida del productos:
 - a) Mejora de las condiciones de trabajo y de vida.
 - b) Apreciación del oficio.

El sello «Bienestar animal avalado por ANDA» liga la producción de huevos camperos y ecológicos en explotaciones de talla humana (agricultura familiar) con la agroforestería, ya que exige que las aves tengan adquirido el hábito de salida hacia unos parques que les atraen por estar bien equipados de árboles y arbustos y que les ofrecen cobijo y condiciones adecuadas para alcanzar su máximo bienestar. Este entorno es atractivo para los pollos y las gallinas porque les ofrece un lugar semejante al que sus antepasados frecuentaban en su estado salvaje (*Red jungle fowl*).

Las aves rurales ocupan, en muy numerosas ocasiones, suelos que no son arables, por lo que en este caso no compiten por el suelo con la alimentación humana. La plantación de árboles y arbustos y su cuidado hace que se reduzca la erosión, se creen suelos ricos en carbono y que contribuyen a filtrar el agua, al tiempo que favorecen la biodiversidad y mejoran la integración en el paisaje.

Actualmente, en España, las granjas de gallinas camperas y ecológicas para la producción de huevos ya suman 614, que es un 45,82 % del total de las dedicadas a la producción de huevos, y cuentan



con unos 4,5 millones de aves (9,5 % del parque total)¹⁵. Esta realidad genera una red económica y social en el medio rural que lo dinamiza. Si sumamos las granjas de pollos «camperos» y los de producción ecológica (no están contabilizados con la misma precisión que las granjas para huevos y no soy capaz de confirmar más con fuentes fiables), podemos apreciar que son varios miles de hectáreas de parques las que se engloban (una hectárea para 2.500 gallinas en producción de huevos camperos y pollos ecológicos, una hectárea por cada 5.000 pollos de cría «campero tradicional/en total libertad y una hectárea por cada 10.000 pollos «camperos»).

Al tener en cuenta lo expresado en este apartado, resulta evidente que las aves rurales ayudan a preservar el medio natural en la zona.

6. Sostenibilidad social

Sin abandonar el método OVALI, la sostenibilidad social se analiza según los siguientes objetivos y criterios:

- Responder a las expectativas de los ciudadanos:
 - Proponer productos de calidad sanitaria y nutricional.
 - Hacer los productos accesibles a la mayor parte posible de la población.
 - Informar sobre el origen de los productos.
- Favorecer la aceptabilidad social del subsector productivo:
 - Asegurar una actividad profesional que atraiga a los productores.
 - Desarrollar el conocimiento del oficio por la sociedad civil.
 - Anticipar y gestionar las situaciones de crisis.
- Reforzar el vínculo con el territorio:
 - Favorecer la integración de los actores de la cadena de producción en el territorio.
 - Participar de la vida local.
 - Favorecer la implicación de los políticos.

.....

¹⁵ Datos comunicados por el Ministerio de Agricultura a la Comisión EU en marzo de 2021.



Sin abundar en los detalles, que en buena medida ya están comentados, las aves rurales responden a las expectativas de los ciudadanos europeos. Estas han sido expresadas en numerosas ocasiones y recogidas en el Eurobarómetro con precisión. Como respuesta a estas expectativas aparece el Pacto Verde Europeo y sus Estrategias 'De la Granja a la Mesa' y sobre la Biodiversidad. El bienestar animal, el procurar alimentos sanos y con sabor, que puedan ser accesibles a un gran número de ciudadanos tanto comercializados como criados para autoconsumo, un uso reducido de antibióticos, y todo ello favorecido por el uso de estirpes rústicas de crecimiento lento en la producción de carne, son características que definen a las aves rurales y los deseos de los ciudadanos europeos, que motivan a los productores y satisfacen a los consumidores.

El desarrollo de los circuitos cortos de comercialización, el comercio de proximidad y la venta directa, favorecen la comunicación y el vínculo entre los productores y los consumidores, ofrecen precios más justos tanto para el consumidor como para el productor y incentivan la economía local que da vida al campo. Los agricultores remunerados suficientemente por precios más justos son una de las mejores maneras para preservar la vida rural y el medioambiente. Y la vinculación con el consumidor una vía para competir en la globalización.

Las aves rurales deben avanzar en la colaboración con los agricultores locales en busca de sinergias que impulsen la sostenibilidad y la resiliencia de sus actividades. Esta colaboración y sus beneficios deben constituir un elemento fundamental de reconocimiento en el mercado sobre el que basar su competitividad.

7. Conclusiones

Las aves rurales se encuentran en el corazón del Pacto Verde Europeo y de sus Estrategias 'De la Granja a la Mesa' y sobre la Biodiversidad. En consecuencia, son producciones sostenibles y resilientes que responden a las expectativas de los consumidores europeos. Como complemento de la producción avícola más intensiva hacen al conjunto de la avicultura más completa, diversa y atractiva tanto para más productores como para más consumidores. Es una vía de desarrollo rural. Una oportunidad de emprendimiento para jóvenes y pequeños agricultores, que incorpora muy bien el trabajo de las personas que desean vivir en sus pueblos, aportando un dinamismo esencial para mantener la cultura y las tradiciones locales, así como para preservar el medioambiente.

Una calidad que responde a las expectativas de los consumidores y los vínculos trabados en el comercio de proximidad son sus puntos fuertes para alcanzar la competitividad en mercados cada vez más globales. También, la calidad de las aves rurales permite ir a conquistar consumidores fuera de nuestras fronteras como ya lo están haciendo otros países de nuestro entorno.

La colaboración con agricultura en busca de sinergias que refuercen la sostenibilidad las hace más resilientes y apreciadas. Hay que progresar por este camino.

Son producciones que mejoran las condiciones de vida de los productores y que satisfacen a muchos consumidores. Aportan rentas complementarias vitales para la economía familiar y local, y hacen que los avicultores se sientan orgullosos de sus aves y explotaciones.



Son sostenibles tanto económica, social como medioambientalmente. Sin embargo, para reforzar su posición deben lograrse las cuotas de poder político e influencias necesarias para que la legislación y su aplicación tengan en cuenta sus necesidades y particularidades tanto en la producción como en la comercialización. Respetar los modos de producción establecidos por la legislación europea, así como un etiquetado claro y honesto es necesario para dar seguridad a los productores, y libertad y poder a los consumidores que deseen elegir productos de las aves rurales. Para este propósito es esencial una asociación de las aves rurales en colaboración con la agricultura familiar en organizaciones que las representen y defiendan sus intereses, así como para estudiar su realidad y anticiparse en la resolución de sus amenazas.

Referencias bibliográficas

CHIRON, G.; MÉDA, B.; PERTUSA, M.; POTRINO, J.; LAMOTHE, L.; DUPUY, L.; ... BOUVAREL, I. (2019): *Évaluer les services rendus par un atelier de volailles avec parcours: proposition du cadre conceptuel «Bouquet»*. Trezièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Francia, Tours.

COMISIÓN EUROPEA (2021): <https://ec.europa.eu>. Obtenido de [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C\(2021\)4747&lang=es](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C(2021)4747&lang=es).

FUNDACIÓN GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (2020): *Life Ammonia Trapping*. Valladolid, Fundación General de la Universidad de Valladolid.

INFORME BRUNDTLAND (1987): *Our common future*. Nueva York. ONU.

ITAVI L'ISTITUTE DE L'ÉLEVAGE (2012): *Le bâtiment d'élevage à basse consommation d'énergie*. Paris. IFIP, Institut du porc.

ITAVI, LE INSTITUTE DE L'ÉLEVAGE (2013): *Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBC+)*. París. ITAVI.

MEDÁ, B.; POTRINO, J. y BOUVAREL, I. (2014): «OVALI: un Outil d'Évaluation multicritère pour concevoir des systèmes de production avicole innovants»; en ETIENNE, M.: *Élevages et territoire: Concepts, méthodes, outils*. Nouzilly, Formasciencies, FPN, INRA; pp. 227-235.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2020): *Caracterización del sector avícola de puesta en España. Año 2019*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

PARLAMENTO EUROPEO (2021): <https://www.europarl.europa.eu>. Obtenido de https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0295_ES.html.

PEYRAUD, J. L. y MACLEOD, M. (2020): *L'avenir de l'élevage européen: comment contribuer à un secteur agricole durable*. Bruselas. Comisión Europea.





Apicultura y sostenibilidad en Canarias

Antonio Quesada

Asociación de Apicultores de Gran Canaria

Resumen / Abstract

A pesar de que la apicultura canaria se mueve en unas cifras modestas, con unas explotaciones pequeñas y mayoritariamente de tradición familiar, con solo un 2 % de apicultores profesionales, es un sector cada vez más ágil y joven que produce una miel única y de muy elevada calidad, reconocida en muchos certámenes nacionales e internacionales, obtenida gracias a la especificidad que le confiere la flora autóctona canaria. La sostenibilidad gira en torno al tamaño adecuado de los apiarios, prácticas ganaderas correctas y planes higiénicos-sanitarios adaptados a las islas, escuela universitaria de apicultura, defensa de la raza autóctona y conservación del medioambiente. No obstante, la rentabilidad sigue siendo baja y tendría muchos problemas para subsistir de no mediar las ayudas públicas al sector, establecidas en Europa desde 1992 en que se concede una ayuda para la producción de miel de calidad específica de las islas Canarias, producida por la raza autóctona de «abejas negras».

Despite the fact that Canarian beekeeping operates in modest numbers, with small farms and mostly family tradition with only 2 % of professional beekeepers, it is an increasingly agile and young sector that produces a unique and very high honey quality, recognized by many national and international awards, obtained because of the specificity conferred by the native Canarian flora. Sustainability revolves around the appropriate size of apiaries, correct livestock practices and hygienic-sanitary plans adapted to the islands, university school of beekeeping, defense of the autochthonous breed and conservation of the environment. However, profitability is still low and it would have many problems to survive if it did not mediate public aid to the sector, established in Europe since 1992 when aid is granted for the production of specific quality honey from the Canary Islands, produced by the breed indigenous to 'black bees'.



1. El papel de la apicultura en la conservación del medioambiente

La apicultura es una actividad ganadera de tradición milenaria que consiste en cuidar y multiplicar enjambres de abejas en colmenas. El producto principal es la miel, junto a otros productos naturales como el propóleo, el polen, la cera o la jalea real, que tienen múltiples aplicaciones.

En septiembre de 2021 se cumplen 400 años de la publicación del libro *Perfecta y curiosa declaración de los provechos que dan las colmenas bien administradas, y alabanzas de las abejas* del magallanero (Zaragoza) de Jaime Gil, quien junto a Lucio Moderato Columela, Abu Zacarías, Alonso de Herrera y Méndez de Torres forman parte del reducido número de autores clásicos de la Apicultura española. Hace 400 años que Jaime Gil no dudaba del carácter ganadero de los colmeneros, llegando incluso a afirmar en su libro *Calle ya el ganadero*: «que tiene gran provecho de la Oveja, y deje ya ese nombre de ganadero para el que trata con la Abeja porque si el ganadero tiene en un año fértil un buen vellón y un buen cordero, en el mismo año fértil también para la Abeja tendrá de una Colmena cinco o seis y podrían ser otros tantos vellones y más preciosos que el de la Oveja».

Constituye la apicultura una ganadería especial, puesto que las abejas pueden adoptar en la misma generación la condición de animales domesticados y silvestres, o viceversa. La genética de las abejas es la más intrincada y compleja de todas las ganaderías gestionadas por el hombre al ser organismos haplo-diploides: machos haploides y hembras diploides. Los machos, zánganos, reproducen clones idénticos en sus espermatozoides y las hembras de una misma colmena tienen un parentesco del 75 % entre ellas, mientras que en mamíferos solo puede haber un parentesco del 50 %. La reproducción no puede ser controlada por el apicultor, ya que se realiza en los vuelos de fecundación de la reina, pudiendo ser llevada a cabo por zánganos ajenos a los colmenares propios, condicionando las líneas genéticas deseadas por los apicultores. Por si esto no bastase para conferir un carácter especial al arte de criar abejas, hay que destacar que el beneficio principal no lo obtiene el apicultor, puesto que en sus vuelos de pecorea de flor en flor, las abejas, junto a otros polinizadores, cumplen la labor de polinización de flores silvestres y cultivadas, desarrollando con ello una actividad fundamental para la alimentación del ser humano y para la riqueza de la flora en el planeta. Es pues una actividad muy ligada a la sostenibilidad.

La apicultura sostenible podría definirse como «económicamente viable, socialmente aceptable y ambientalmente racional»¹. Por ello no prioriza el beneficio que se saca de la colmena a costa del perjuicio de las abejas o del medioambiente. El objetivo es la obtención de miel, principalmente, y entre otros productos, mediante el manejo racional de los recursos naturales.

• • • • •
¹ Kouchner *et al.* (2018).



2. Apicultura y medioambiente

Las abejas comprenden 20.000 especies descritas en siete familias reconocidas, con muchas más especies aún por describir. Los análisis genéticos indican que las primeras abejas aparecieron hace 130 millones de años. Aproximadamente, al mismo tiempo que las eudicotiledóneas (angiospermas que representan ~ 70 % de todas las plantas con flores).

La radiación evolutiva de las abejas coincidió con la radiación evolutiva de las plantas con flores y, por tanto, las abejas desempeñan un papel ecológico importante como polinizadores de una variedad de especies de plantas con flores. Aunque las abejas no son el grupo más diverso de polinizadores (las mariposas y las polillas comprenden más de 140.000 especies), sí son el grupo taxonómico más dominante entre ellos; solo en las regiones árticas hay otro grupo (moscas) más dominante. La capacidad de las abejas para transportar grandes cantidades de granos de polen en sus cuerpos peludos, la dependencia de los recursos florales y la naturaleza semisocial o eusocial de algunas especies se encuentran entre las características que hacen que las abejas sean polinizadores importantes y eficaces. 50 especies de abejas son manejadas por personas, de las cuales alrededor de 12 se manejan para la polinización de cultivos.

Los agricultores de todo el mundo solicitan a los apicultores que acudan con sus colmenas para los servicios de polinización de sus cultivos. Si no fuera por las abejas, la producción mundial de alimentos sería muy diferente.





Una joven abeja reina es capaz de poner más de 2.000 huevos al día, esto podría ocasionar un crecimiento exponencial de la población si no fuese por el proceso natural de la enjambrazón o porque las abejas tienen muchos depredadores como son algunas especies de insectos, arácnidos, reptiles, anfibios, aves y mamíferos que se alimentan de ellas. Cuando disminuye la población de abejas se ven obligados a desplazarse para buscar otras fuentes de alimentación, alterando el funcionamiento de la cadena alimentaria. Por tanto, en este sentido, la apicultura contribuye al medioambiente, ayudando a equilibrar la cadena alimentaria.

El mantenimiento de poblaciones de abejas saludables asegura que los depredadores tengan un suministro amplio para alimentarse. Eso mantiene estable su número, lo que a su vez crea estabilidad a lo largo de la cadena alimentaria.

Así pues, las abejas juegan un papel importante en el círculo de la vida tanto con la polinización como con la depredación. Plantas y animales, y flora y fauna se benefician de un modo u otro de las abejas en el frágil equilibrio de la naturaleza, si estas faltasen nuestros ecosistemas se verían seriamente afectados.

Las abejas y otros polinizadores como las mariposas, los murciélagos y los colibríes están cada vez más amenazados por los efectos de la actividad humana. Para crear conciencia sobre su importancia, las amenazas a las que se enfrentan y su contribución al desarrollo sostenible, las Naciones Unidas declararon el 20 de mayo como Día Mundial de las Abejas.

3. Por qué las abejas son fundamentales para lograr el desarrollo sostenible

3.1. Contribuciones de las abejas hacia las metas relevantes de los ODS

Vidushi Patel *et al.* (2019) sostienen que las abejas contribuyen potencialmente a 15 de los 17 ODS y un mínimo de 30 metas de los ODS.

1. *Sin pobreza.* La cría de abejas ofrece diversidad económica como fuente de ingresos (1.1), lo que ayuda a construir medios de vida resilientes para las personas pobres y vulnerables (1.5), mientras que potencialmente proporciona un acceso equitativo a los recursos económicos y naturales tanto para hombres como para mujeres (1.4).
2. *Hambre cero.* La polinización de las abejas aumenta el rendimiento de los cultivos (2.3) y mejora el valor nutricional de frutas, verduras y semillas (2.2).
3. *Buena salud y bienestar.* Los productos apícolas proporcionan fuentes medicinales seguras y asequibles (3.8), que se utilizan en la medicina tradicional y moderna para tratar enfermedades no transmisibles como el cáncer a través de compuestos bioactivos fuertes



- (3.4). La polinización de las abejas contribuye potencialmente al crecimiento y la diversidad de plantas que son importantes para mejorar la calidad del aire (3.9).
4. *Educación de calidad.* La formación profesional para la cría de abejas puede mejorar la igualdad de oportunidades de empleo, formación y espíritu empresarial entre hombres, mujeres y pueblos indígenas (con conocimientos tradicionales) (4.3, 4.4 y 4.5).
 5. *Igualdad de género.* Tener abejas para autoconsumo o como fuente de ingresos puede mejorar las oportunidades de participación de las mujeres en los procesos de toma de decisiones económicas, sociales y políticas, incluso en comunidades que priven al sexo femenino de los derechos de propiedad (5.5, 5.a).
 6. *Agua potable y saneamiento.* La polinización de las abejas contribuye al crecimiento y la diversidad de los ecosistemas relacionados con el agua como las montañas y los bosques. Los esfuerzos de forestación apropiados pueden proporcionar nuevos recursos para las operaciones comerciales de abejas, al tiempo que contribuyen potencialmente al suministro regional de agua (6.6).
 7. *Energía limpia y asequible.* La polinización de las abejas mejora la producción de cultivos de semillas oleaginosas que se utilizan como biocombustible como el girasol, la canola y la colza (7.2) .
 8. *Trabajo decente y crecimiento económico.* La producción agrícola mejorada de la polinización de las abejas puede contribuir al producto interior bruto (PIB) de las naciones (8.1). La apicultura puede diversificar las oportunidades de subsistencia de hombres y mujeres en áreas rurales (8.6) y apoyar iniciativas de turismo basado en la naturaleza (8.9).
 9. *Innovación e infraestructura de la industria.* Las abejas son un elemento de la naturaleza que inspira las innovaciones humanas (por ejemplo, el diseño de aviones y el desarrollo de algoritmos informáticos) y los nuevos productos relacionados con la miel (9.b) .
 10. *Reducción de la desigualdad.* La mejora de los medios de vida de la apicultura y la contribución de la polinización de las abejas al PIB pueden respaldar el crecimiento sostenible de los ingresos de los grupos con retribuciones más bajas (10.1), lo que potencialmente puede contribuir a promover un desarrollo social, económico e institucional inclusivo (10.2) .
 11. *Ciudades y comunidades sostenibles.* Las abejas pueden ser útiles para monitorear la calidad del aire en áreas urbanas, ya que la polinización de la flora urbana puede contribuir a mejorar la calidad del aire local (11.6). Las abejas pueden mejorar la polinización y la autosostenibilidad de los huertos urbanos y los espacios públicos abiertos (11.7).
 12. *Producción y consumo responsables.* La polinización de las abejas puede contribuir a reducir el desperdicio de alimentos al mejorar la estética visual de los alimentos (forma, tamaño y color) y aumentar la vida útil (12.3). La apicultura puede comercializarse como turismo sostenible para el desarrollo regional (12.b).



13. *Acciones climáticas.* El uso de abejas y productos apícolas para el monitoreo ambiental puede mejorar la comprensión de los impactos climáticos en el medioambiente (13.3).
14. *Vida submarina.* Las abejas pueden contribuir potencialmente a mejorar la producción de fuentes vegetales de compuestos que se encuentran comúnmente en el pescado. La sobreexplotación de pescado puede gestionarse promoviendo la producción y el consumo de fuentes alternativas de nutrientes de origen vegetal (14.4).
15. *Vida en la tierra.* Las abejas contribuyen a la biodiversidad al polinizar árboles y plantas en flor (15.5) y la apicultura contribuye a la conservación de los bosques (15.1). La incorporación de la apicultura en los procesos de planificación local puede apoyar las actividades de reforestación que pueden resultar en la reducción de la pobreza y el desarrollo regional sostenible (15.9).

4. Apicultura en Canarias

Desconocedores de técnicas apícolas, los aborígenes canarios extraían miel de las abundantes abejas silvestres que encontraban en cuevas, grutas y árboles que usaban con fines culinarios, medicinales y en rituales mortuorios. Por otra parte, los aborígenes elaboraban miel procedente de la savia de la palmera (*Phoenix canariensis*) y *checerquén* o *chacerquén*, una especie de miel y también un licor realizado a base del fruto del mocán (*Visnea mocanera* L.) un árbol endémico de Canarias y Madeira.





Con la conquista de Tenerife en 1496, las islas quedaron definitivamente incorporadas a la corona de Castilla, la población aborigen tuvo distinta suerte: vendidos como esclavos, deportados a otras islas, asimilados y convertidos al cristianismo, etc. Los pastores nativos —conocedores del entorno— eran necesarios para el suministro de carne y granos a la alimentación de la población europea recién establecida. De este modo pudieron continuar su labor pastoril de cabras, ovejas, cerdos y con la explotación de abejas silvestres. Es preciso destacar que los pocos agricultores que aún cultivan cebada en Canarias probablemente suponen que plantan las mismas semillas que usaban sus abuelos, pero pocos saben que siembran toda una reliquia arqueológica, una variedad que se ha mantenido sin cambios durante 1.000 años, un caso único en el mundo².

Acabada la conquista, pronto se hizo reparto de tierra y se adjudicaron asentamientos de colmenas, se introdujo la apicultura al modo europeo y se adaptaron los fueros a las peculiaridades de las islas, dictándose normativa específica para colmeneros y abejeros, cereros y candeleros, prohibiendo la exportación de miel y cera. La explotación de abejas silvestres se reguló como un bien de propios de la isla, saliendo a subasta su explotación por periodos prefijados. Constituyó uno de los ingresos del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canarias hasta la desamortización de Mendizábal del siglo XIX; a comienzos del siglo XX ocurrió un accidente mortal cuando un apicultor cayó de un risco mientras castraba una abeja silvestre y aun hoy podemos encontrar estas abejas en lugares aislados de la geografía insular.

La construcción de colmenas también se adaptó a los recursos naturales de las islas. Al no haber alcornoques se usaron troncos vaciados de diferentes árboles, destacando entre ellos la palmera y el drago canario (*Dracaena draco*). A mediados de siglo XX y finalmente con la constitución de asociaciones de apicultores en cada isla es cuando se sustituyeron las colmenas fijistas por las móviles, empleándose casi exclusivamente la colmena Langstroth o perfección.

Debido a la orografía del terreno, la propiedad minifundista, las diferentes floraciones y las cercanías a núcleos poblados en las islas Canarias es muy difícil disponer de terreno adecuado para la instalación de grandes apiarios y es por ello que los colmenares siempre han constituido un complemento a la economía familiar de los agricultores y ganaderos, que han mantenido una apicultura de tradición familiar y con un promedio de 25-30 colmenas por apiario.

En el archipiélago canario hay censadas unas 1.200 explotaciones apícolas (Tabla 1). La tabla refleja, para el año 2020, la pérdida de la cabaña insular apícola en Gran Canaria como consecuencia directa e indirecta de los incendios forestales³ y de la prolongada sequía que afectó de manera especial al cono sur de varias islas.

En cuanto al número de colmenas por explotación nos hemos basado en los datos obtenidos en el reparto de subvenciones de 2020 percibidas por 1.000 explotaciones.

• • • • •

² HAGENBLAD (2020).

³ IFGC (2019).



Tabla 1.
Número de colmenas censadas en el archipiélago canario

Isla	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014
Tenerife	15.642	15.705	15.383	18.409	17.791	18.453	16.760
La Palma	3.373	3.314	3.391	3.966	4.049	3.997	3.660
La Gomera	2.337	2.566	2.494	2.563	2.269	2.223	2.162
El Hierro	392	411	393	550	450	524	403
Lanzarote	260	254	236	204	155	93	72
Fuerteventura	40	51	90	39	4	-	2
Gran Canaria	10.370	11.989	10.490	11.824	11.963	11.570	9.940
Total Canarias	32.407	34.290	32.407	37.555	36.681	36.860	32.999

Fuente: datos ofrecidos por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.

Tabla 2.
Clasificación de las explotaciones apícolas en Canarias (2020)

Categoría	Autoconsumo		No Profesional				Profesional	
	1-7	8-15	16-25	26-49	50-100	100-149	150-249	>250
Colmenas	1-7	8-15	16-25	26-49	50-100	100-149	150-249	>250
Núm. apicultores	150	360	175	138	101	22	11	6
% Apicultores	53		45				2	
% Acumulado	16	53	71	86	96	98	99	100
Colmenas	722	4.316	3.663	4.927	6.822	2.865	2.123	3.061
%	3	15	13	18	23	10	7	11
% Acum. →	3	18	31	49	72	82	89	100
← % Acum.	100	97	82	69	51	28	18	11

Fuente: datos ofrecidos por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Elaboración propia.



5. La abeja negra canaria

Si en la península ibérica con casi 1.100 especies de abejas, solo 34 (3 %) de ellas son endémicas, mientras que el archipiélago canario destaca por la singularidad de especies de abejas, con 49 de ellas endémicas (39 % del total). En el caso de Gran Canaria, a pesar de ser la tercera isla en superficie y altitud es la más diversa en cuanto a número de especies de abejas. Esto se debe a su posición geográfica y a su diversidad de climas y ecosistemas, que la convierten en un pequeño gran continente. Encontramos un total de 73 especies de abejas solitarias, de las cuales 26 son endémicas (35 %) y siendo tres de ellas endemismos exclusivos de la isla: *Andrena catula*, *Osmia larochei* y *Thyreus hohmanni*. La gran mayoría de las plantas nativas y endémicas que conforman nuestros ecosistemas naturales canarios dependen de los polinizadores para su supervivencia.

La apicultura en las islas se ha practicado tradicionalmente con una raza local, conocida entre los apicultores como abeja negra canaria, hasta que a mediados del siglo XX, con una apicultura expansiva, se introdujeron otras razas –italianas, *buckfast* o carniolas– que no solo pusieron en peligro la existencia de la raza local, sino que trajeron aparejada la introducción de enfermedades desconocidas en las islas y, además, el cruce entre todas produjo una hibridación con abejas que mostraban una agresividad nunca vista en el archipiélago.

En la década de los 80 del siglo pasado se formaron las asociaciones apícolas en todas las islas, excepto Lanzarote y Fuerteventura por no practicarse allí esta ganadería. Sus primeros objetivos fueron la compra masiva de colmenas móviles, renovación del material apícola, lucha contra las enfermedades y defensa de la raza local.





Se desconoce la edad de esta raza, algunos atribuyen una antigüedad próxima a los 200.000 años y otros manejan la hipótesis de haber sido introducida desde África por los primeros pobladores de las islas hace dos milenios. Sea como fuere, es una abeja que destaca por su especial mansedumbre, altos hábitos higiénicos, parecido nivel de enjambrazón que la abeja europea, rusticidad, adaptación al clima variable de las islas –adaptando su crecimiento a las cortas estaciones y a las distintas floraciones– y con pequeñas diferencias morfológicas según la isla que se estudie. La ciencia ha mostrado un interés especial en las abejas canarias, su lejanía y aislamiento ha motivado la investigación a nivel genético y morfométrico de las poblaciones de cada isla. Desde que el austriaco Friedrich Ruttner pasara por Canarias en 1975 se han sucedido diferentes visitas de científicos nacionales e internacionales y las universidades canarias, de Córdoba, Madrid, País Vasco o Murcia han tenido un papel relevante buscando en la genética y en las características morfométricas los posibles orígenes de nuestra abeja negra canaria. Por tanto, podemos decir que son las abejas mejor estudiadas en el mundo.

De las siete islas canarias, La Palma y Gran Canaria han destacado por la defensa de la abeja negra canaria, consiguiendo que se prohíba la cría y explotación de otras razas en sus territorios, además de en Lanzarote y Fuerteventura donde la apicultura es incipiente. En las tres islas restantes, Tenerife, La Gomera y El Hierro, a pesar de movimientos en la defensa de la raza local, los apicultores no acaban de ponerse de acuerdo y hay quienes prefieren razas como *ligústicas* o *buckfast* aduciendo un mayor rendimiento.

El empeño de los apicultores palmeros por preservar su isla de la entrada del ácaro varroa motivó un bajo índice de importaciones de abejas de otras razas, lo que había conservado, no solo la pureza de la raza local, sino también una abeja muy bien adaptada a su entorno, limpia de enfermedades, muy mansa y altamente productiva. Con estos elementos resultaba sencilla la elección de La Palma en el año 2001 como núcleo para comenzar a trabajar con un ‘programa de recuperación y selección’, bajo la dirección técnica de Gilles Fert, que en un par de años dejaría esta Isla libre de híbridos y, en varios años más, conseguiría una pureza y unas características lo más semejantes posible a la abeja negra original. El programa pretendía extenderse al resto de las islas, pero finalmente quedó discontinuado.

En el año 2014 y a petición de los apicultores, la orden autonómica de protección se extendió a Gran Canaria. En un muestreo realizado en esta isla en el año 2016 para constituir un núcleo de conservación de la abeja negra canaria⁴ se observó que los haplotipos más abundantes (71,7 %) pertenecían al sublinaje africano de distribución atlántica (AIII), los cuales son característicos de las poblaciones de abeja negra canaria. Sin embargo, el 13,2 % de las colmenas presentó haplotipos M o C que se correlacionan con introducciones pasadas y/o recientes de abejas procedentes de Europa o incluso del continente americano. Estos resultados confirman que la diversidad genética de partida de la población de abeja negra canaria de Gran Canaria es adecuada para realizar procesos de conservación y selección, y que para llevarlos a cabo de forma efectiva deben de excluirse las colmenas con haplotipos foráneos de las zonas de cría. El Cabildo Insular de Gran Canaria, mediante un convenio con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, lleva a cabo un programa propio de cría y mejora de la abeja negra canaria, teniendo prevista la entrega gratuita a los apicultores de unas 2.000 reinas fecundadas en los próximos 18 meses.

• • • • • • • •

⁴ MUÑOZ (2018).



El pasado 13 de abril de 2021, el Parlamento de Canarias, por unanimidad, ha instado al Gobierno de Canarias a declarar a las razas autóctonas canarias como patrimonio cultural, genético y etnológico. El texto incluye a cuatro razas caprinas, cuatro caninas, tres ovinas, dos bovinas y a las razas de burro majorero, cochino negro canario, camello canario y abeja negra canaria. De todas ellas, posiblemente la abeja sea la raza más antigua de todas las reconocidas y una de las primeras en ser explotadas, y ahora, el sector demanda que el siguiente paso sea su inclusión en el catálogo nacional de razas autóctonas ganaderas y el reconocimiento como asociaciones de criadores a las asociaciones que así lo tienen recogido en sus estatutos.

6. Sinergias europeas en defensa de las razas locales

Históricamente, las abejas locales han estado presentes en su estado natural en todos los países europeos durante miles de años, pero ahora están amenazadas por la agricultura intensiva y la importación de otras abejas. Su extinción significaría la desaparición de una parte esencial de nuestros ecosistemas.

Diferentes variedades geográficas de abejas melíferas (*Apis mellifera*) han florecido en toda Europa. En cada uno de estos lugares, durante miles de años, han adquirido habilidades para adaptarse a su entorno local, lo que los convierte en los polinizadores más eficientes de nuestras plantas y flores silvestres y cultivadas.



La responsabilidad de la conservación de las razas ganaderas autóctonas para el medioambiente y para las generaciones futuras no puede caer solamente del lado de los apicultores, sino que deben estar reguladas por ley. Con la entrada en la UE, algunos aspectos son dictados desde Bruselas y por ello los ganaderos debemos estar representados allí con nuestro propio punto de vista, como ya lo están los *lobbies* del sector agroquímico y los grandes importadores de mieles. No tenemos tamaño, ni capacidad, ni recursos suficientes para estar presentes en Europa, por lo que debemos crear sinergias y unirnos a otros movimientos afines en el resto de la Unión.

La protección a las razas de abejas locales europeas quedó garantizada en una Sentencia del Tribunal de Justicia de la UE (Sala Quinta) de 3 de diciembre de 1998 al considerar justificada, en virtud del artículo 36 del Tratado, por razones de protección de la salud y la vida de los animales que una normativa nacional prohíba poseer en una isla, como la isla de Læsø (Dinamarca), abejas de cualquier especie distinta de la subespecie *Apis mellifera mellifera* (abeja parda de Læsø). Posteriormente, ha habido otras normativas protectoras para razas locales de abejas como la canaria (2001 y 2014), o la declaración de territorios libres de varroasis como las Islas Åland en Finlandia e Isla de Man en Reino Unido (2015), prohibiendo en todos ellos la importación y cría de abejas alóctonas.

El 1 de marzo de 2018, el Parlamento Europeo adoptó un texto que declaró la importancia de la protección de las diversas subespecies de abejas melíferas en Europa. La Comisión Europea, el poder ejecutivo de la Unión, debe ahora transponer esta voluntad de los representantes de los ciudadanos a la ley. Sin embargo, no se han tomado medidas concretas para salvar a estos preciosos polinizadores después de este compromiso histórico.

La ADS Apicultores de La Palma y la Asociación de Apicultores de Gran Canaria, junto a otros colectivos de 18 países de la UE pertenecen a la coalición internacional *Save Local Bees*, que han unido sus fuerzas para la conservación de nuestras irremplazables abejas locales en un medioambiente sano y preservado. *Save Local Bees* persigue que la Comisión Europea y los Estados miembros de la Unión Europea adopten medidas de salvaguardia urgentes y una protección de las áreas de conservación en peligro de extinción.

7. Sinergias europeas en defensa de los polinizadores y el medioambiente

Los cambios introducidos en el medioambiente por la práctica de monocultivos y la presión de la industria agroquímica en Bruselas para conseguir una normativa laxa a la producción y comercialización de sus productos es uno de los factores que más influyen en la vida de las abejas y resto de polinizadores.

Europa ha prohibido la comercialización en territorio europeo de muchos productos agroquímicos por los peligros que entraña al medioambiente o a la salud de las personas, muchos de ellos de probado carácter cancerígeno. Sin embargo se permite su producción y exportación a terceros países de los que luego importamos productos tratados con ellos, originando con ello una competencia desleal con el sector primario europeo y arriesgando la salud de los ciudadanos.



Muchas veces es la propia industria, favorecida por una normativa hecha a su medida, la que certifica la idoneidad de sus productos, su inocuidad para el medioambiente y la salud de las personas y años después, cuando el daño está hecho, acaba demostrándose científicamente el alcance de los daños realizados a la flora y fauna o su carácter nocivo para la salud de las personas.

Finalmente hay dos aspectos notorios de la industria que deberían ser tenidos en consideración: Test de abejas y organismos genéticamente modificados.

En una carta abierta en febrero de 2021 y dirigida a Frans Timmermans –vicepresidente ejecutivo de la Comisión Europea– y a Stella Kyriakides –comisaria europea de Salud–, las organizaciones POLLINIS, Apimondia, BeeLife y Pesticide Action Network (PAN) cuestionan la revisión actual de los protocolos que supuestamente evaluarían el impacto de los plaguicidas en los polinizadores con miras a obtener su aprobación. De fondo subyace la presión de los *lobbies* agroquímicos para la eliminación de algunos controles sobre los ensayos de sus productos en la vida de las abejas.



Tirando de la cuerda y comprobado el daño de algunos productos en las abejas y otros insectos, la alternativa de la industria consiste en la creación en laboratorio, mediante modificación genética, de una superabeja resistente a los agroquímicos que sería liberada al medioambiente con los desconocidos peligros que eso supondría. Por ello, en otra carta abierta de junio de 2020, 78 asociaciones europeas solicitaban a la Comisión Europea la prohibición en Europa y en todo el mundo de la difusión de cualquier organismo genéticamente modificado resultante de la manipulación génica dirigida. Con el apoyo de Greenpeace, Friends of the Earth y Save our Seeds, esta carta reúne a organizaciones establecidas en toda Europa y que trabajan por el medioambiente, la agricultura, el bienestar animal o la ayuda al desarrollo. Las organizaciones firmantes hacen un llamado a la Unión Europea para que abogue por una moratoria global sobre la liberación de organismos genéticamente modificados mediante genética dirigida en la próxima Conferencia de las Partes (COP 15) del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB). En enero pasado, el Parlamento Europeo ya



había pedido una moratoria de ese tipo en una resolución, respondiendo así a un llamado de más de 200 signatarios europeos e internacionales.

8. Comentario

Aunque falten muchos aspectos prácticos sobre la apicultura en Canarias, en estas líneas hemos tratado de enfocar el papel de las abejas en el medioambiente y cómo a pesar de los esfuerzos de los apicultores en llevar prácticas correctas en sus apiarios que sean respetuosas con el medioambiente y luchen por la recuperación de una raza local, su papel queda enmascarado y dependiente de las intervenciones en el medioambiente, cuya reglamentación viene determinada por el poder político desde Bruselas y las presiones que algunos sectores industriales realizan para obtener políticas más laxas de acuerdo a sus intereses. Es fundamental que desde el sistema educativo se conciencie a nuestros hijos en el respeto a la naturaleza y en un consumo responsable de productos de proximidad.

Referencias bibliográficas

FERT, G. (2001): «Heritage conservation on La Palma Island»; *American bee Journal* 141(5); pp. 354-356.

FREGEL R. *et al.* (2019): «Mitogenomes illuminate the origin and migration patterns of the indigenous people of the Canary Islands»; *Plos One* 14(3).

GIL ARÉVALO, J. (1621): *Perfecta y curiosa declaración de los provechos que dan las colmenas bien administradas, y alabanzas de las abejas*. por Pedro Gel: A los Señales. Zaragoza.

HAGENBLAD, J. y MORALES, J. (2020): «An Evolutionary Approach to the History of Barley (*Hordeum vulgare*) Cultivation in the Canary Islands»; *African Archaeological Review* 37; pp. 579-595.

MUÑOZ, I.; PINTO, M. A. y DE LA RÚA, P. (2018): «Effects of queen importation on the genetic diversity of Macaronesian island honey bee populations (*Apis mellifera* Linneaus 1758)»; *Journal of Apicultural Research* 53(2); pp. 296-302.

MUÑOZ, I.; PINTO, M. A. y DE LA RÚA, P. (2018): «Patrón espacial de la variación molecular de *Apis mellifera* en Gran Canaria y La Gomera (Islas Canarias)»; *Actas IX Congreso Nacional de Apicultura*

KOUCHNER, C. *et al.* (2018): *Sustainability of beekeeping farms: development of an assessment framework through participatory research*. Conference Paper · IFSA 2018.

PATEL, V.; PAULI, N.; BIGGS, E. *et al.* (2021): «Why bees are critical for achieving sustainable development»; *Ambio* 50; pp. 49-59; en <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01333-9>.



RUTTNER, F. (1986): «Geographical variability and classification»; en RINDERER, T. E., ed.: *Bee Genetics and Breeding*. Nueva York. Academic Press; pp. 23-56.

VALIDO, A.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, M. C. y JORDANO, P. (2014): «Impacto de la introducción de la abeja doméstica (*Apis mellifera*, *Apidae*) en el Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias)»; *Ecosistemas* 23(3); pp. 58-66.

CANARIAS AGRARIA Y PESQUERA (2003): «Abeja Negra Canaria, recuperar un tesoro»; *Monográfico* 69. Gobierno de Canarias.

43 Monografías