

GUÍA BLANCA **PARA LA SOSTENIBILIDAD** DEL SECTOR LÁCTEO



Cofinanciado por
la Unión Europea



El proyecto LAKTIS (REGAGE24e00071667711) ha sido beneficiario de una ayuda para el intercambio de conocimientos y actividades de formación e información de ámbito supraautonómico, destinadas al sector agroalimentario y forestal, en el marco del Plan Estratégico de la Política Agraria Común (PEPAC) 2023-2027. Esta ayuda está cofinanciada al 43 % por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y al 57 % por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El montante total de la ayuda asciende a 324.624,80 €.

© 2026 Medrar Innovation Office

Autores: **Medrar Innovation Office**

Maquetación e impresión: **Transmedia Comunicación**

Depósito legal: LU 142-2026



LAKTIS
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
CONOCIMIENTO EN SOSTENIBILIDAD
PARA EL SECTOR AGROGANADERO
LÁCTEO



AGRADECIMIENTOS

En la elaboración de esta Guía Blanca han participado los socios, entidades colaboradoras, investigadores científicos, ganaderos y las personas asistentes a las distintas jornadas desarrolladas en el marco del proyecto LAKTIS “Innovación y Transferencia de Konocimiento en Sostenibilidad para el Sector Agroganadero Lácteo”.

Sus aportaciones han permitido contrastar necesidades, experiencias y prioridades del sector lácteo en materia de sostenibilidad, desde una perspectiva práctica, técnica e institucional.

Este documento recoge el resultado de un proyecto participativo de intercambio de conocimiento y reflexión colectiva, orientado a identificar aprendizajes y recomendaciones útiles para avanzar hacia un sector lácteo resiliente más sostenible, competitivo y conectado con el territorio.



Cofinanciado por
la Unión Europea



El proyecto LAKTIS (REGAGE24e00071667711) ha sido beneficiario de una ayuda para el intercambio de conocimientos y actividades de formación e información de ámbito supraautonómico, destinadas al sector agroalimentario y forestal, en el marco del Plan Estratégico de la Política Agraria Común (PEPAC) 2023-2027. Esta ayuda está cofinanciada al 43 % por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y al 57 % por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El montante total de la ayuda asciende a 324.624,80 €.

ÍNDICE

Prólogo	5
Resumen	6
Objetivo	7
Misión y enfoque: Modelo Akis	9
1. Introducción - “Agricultura”	10
1.1. Relación del sector lácteo con el medio ambiente	
1.2. Singularidad y particularidades de las granjas en Galicia y Asturias	
1.3. La huella de carbono como nuevo estándar de competitividad y sostenibilidad	
2. Contextualización y diagnóstico inicial - “Conocimiento”	15
2.1. Eficiencia tecnológica y bienestar animal	
2.2. Resiliencia del sector lácteo	
2.3. Estrategias de mitigación	
3. Metodologías de cálculo	18
3.1. DairyCant	
3.2. CRADLE2MILK	
3.3. Air.LCA	
3.4. CoolFarmTool	
3.5. ODOS	
4. Resultados: huella de carbono y diagnóstico de descarbonización	20
4.1. Estrategias de mitigación- “INNOVACIÓN”	
4.1.1. Alimentación	
4.1.2. Metano entérico	
4.1.3. Gestión de deyecciones	
4.1.4. Manejo ganadero	
4.1.5. Gestión agronómica y usos del suelo	
5. Necesidades reales como mensaje unitario del sector - “Sistema”	27
A. Marco normativo: dificultades para adaptarse a la normativa existente, ¿qué debería tener en cuenta?	
B. Financiación y apoyo económico: ¿qué tipo de apoyo económico se necesita para fortalecer el sector?	
C. Otras funciones de apoyo: ¿qué otras funciones debería considerar para el acompañamiento hacia una transición sostenible del sector?	
6. Conclusión	29
7. Cierre y futuras perspectivas	30
Referencias	31



PRÓLOGO

Pelayo, Ganadería El Dios, SC
(Villar Miudes-El Franco)

Había oído hablar de la huella de carbono y de la sostenibilidad en las explotaciones de vacuno lechero. He tenido la oportunidad de participar en uno de los debates organizados en este proyecto y aportar mi opinión sobre el uso de aminoácidos en la alimentación de vacuno lechero y la digestibilidad de los forrajes como herramienta para mejorar la eficiencia y reducir la dependencia de determinadas materias primas. Creo que la sostenibilidad es un tema que cada vez va a tener más peso en el sector y considero importante que las decisiones se tomen teniendo en cuenta también la visión de los ganaderos, ya que somos quienes finalmente tenemos que aplicar estas medidas en el día a día de las explotaciones.

A nivel individual me veo preparado para empezar a medir la huella de carbono, siempre que exista apoyo técnico para la recopilación y el procesamiento de los datos. Al final, la prioridad diaria es gestionar la explotación y mantener su rentabilidad, por lo que es importante que este trabajo adicional esté bien estructurado y sea lo más sencillo posible.

La sostenibilidad ya forma parte de muchas de las estrategias que aplicamos actualmente en la granja, por lo que considero que estamos avanzando en esa dirección incluso antes de disponer de una medición formal de la huella de carbono. En nuestro caso podríamos empezar a medirla desde este mismo momento con el apoyo adecuado. Además, muchos trabajos de la explotación están externalizados, lo que facilita la obtención y recopilación de información necesaria para realizar los cálculos.

Respecto a la aplicación de medidas de mejora, considero que pueden comenzar a implantarse a corto plazo aquellas que no requieren inversiones importantes. Para actuaciones más ambiciosas o que impliquen cambios estructurales, el horizonte sería más bien de medio plazo. En nuestro caso, las medidas más interesantes son aquellas que mejoran simultáneamente la eficiencia productiva y la sostenibilidad. Considero que una gran parte de la reducción de emisiones pasa por hacer las cosas cada vez mejor y aprovechar más eficientemente los recursos disponibles. Mantener altas producciones por vaca es una de las estrategias más importantes, ya que una vaca más eficiente permite diluir parte de las emisiones por litro de leche producido. En la misma línea, mejorar la eficiencia alimentaria y la persistencia de lactación permite producir más leche con los mismos recursos.

También considero fundamental seguir mejorando la eficiencia reproductiva y sanitaria, reduciendo días improductivos y optimizando el rendimiento global del rebaño.

Respecto a la gestión de nutrientes, resulta interesante optimizar la utilización de purines como fertilizante para disminuir la dependencia de fertilizantes minerales. Actualmente ya trabaja-

mos con bacterias reductoras en los purines y utilizamos cama de compost, una práctica que contribuye a reducir la acumulación y gestión de purines respecto a otros sistemas.

Además, ya utilizamos aminoácidos protegidos como lisina y metionina en la alimentación, lo que permite optimizar el aporte proteico de la dieta y reducir la necesidad de materias primas con alto contenido en proteína, como la soja importada. Otra medida que considero interesante es el uso de aditivos destinados a reducir las emisiones de metano, especialmente aquellos que puedan administrarse a través del concentrado del robot o del unifeed, siempre que exista una evidencia técnica sólida y un retorno económico razonable. Otras actuaciones más complejas, como determinados sistemas de valorización o reutilización avanzada de purines, podrían tener interés a largo plazo, pero requieren inversiones importantes y retornos económicos más lentos. En general, a corto plazo me parecen más realistas las mejoras de manejo, eficiencia y optimización de recursos que las inversiones muy elevadas o las tecnologías todavía poco contrastadas.

Considero importante que el tiempo dedicado a recopilar información, procesar datos y aplicar medidas tenga una utilidad práctica y un beneficio económico razonable a medio plazo. No me gustaría dedicar recursos a actuaciones que únicamente aumenten la carga administrativa sin aportar mejoras reales a la explotación.

Otra barrera es la necesidad de disponer de criterios claros, estabilidad normativa y asesoramiento técnico que permita tomar decisiones con confianza.

Desde mi punto de vista, la sostenibilidad tendrá una mayor aceptación entre los ganaderos cuando las medidas propuestas demuestren de forma clara que ayudan a mejorar la eficiencia, la rentabilidad y la gestión diaria de las explotaciones. Al final, lo más importante sigue siendo gestionar correctamente la granja. Si una medida sostenible contribuye además a mejorar la eficiencia técnica y económica, será mucho más fácil que se adopte de forma generalizada.

Tino, Ganadería Casa do Polo
(San Cosme de Barreiros)

En mi caso nunca antes había tenido la oportunidad de participar en ningún debate hasta el proyecto LAKTIS. En la ganadería de la que soy propietario considero que parto de una situación “media” aceptable, en cuanto a cumplimiento o facilidad de adopción de nuevas estrategias relacionadas con sostenibilidad.

Son muchos años participando en el programa de gestión técnico-económica con la cooperativa y eso hace que este habituado a la recogida de datos y a tener ordenada y archivada mucha información relativa al día a día de la ganadería.

Desde mi punto de vista en el sector hay un grupo de ganaderías (que no es el mayoritario) que tienen unas instalaciones y unas rutinas de trabajo que no deberían tener grandes dificultades para conseguir los objetivos que se apliquen. Bastante peor lo van a tener las ganaderías restantes debido principalmente a la edad de los propietarios.

La mayoría de las ganaderías necesitamos un periodo a medio plazo para ir implementando los cambios necesarios.

Las estrategias que considero más alineadas con mi situación serían la gestión de alimentación y forrajes, seguido en un medio plazo de la reutilización de purines.

La sustitución de proteína de soja y la introducción de aditivos para reducir las emisiones de metano serían decisiones que tendrían que estar respaldadas por las personas encargadas del asesoramiento técnico.

En el momento actual las principales dificultades que veo a la hora de empezar en la huella de carbono es el desconocimiento en el método de implantación y la posible repercusión económica que pudiera tener en la ganadería.

RESUMEN

La huella de carbono es un indicador clave, pero no suficiente por sí solo para definir la sostenibilidad del sector. Debe integrarse en un marco de evaluación más amplio. Su utilidad depende de la calidad de los datos, la metodología empleada y la capacidad de traducir los resultados en decisiones prácticas, económicamente viables y socialmente justas. Las explotaciones que midan, comprendan y gestionen sus impactos estarán mejor posicionadas.

La siguiente figura resume los principales aspectos relacionados con la **huella de carbono en el sector lácteo**, destacando su relevancia ambiental, económica, social y regulatoria, así como las oportunidades y desafíos asociados a su gestión en las explotaciones ganaderas.

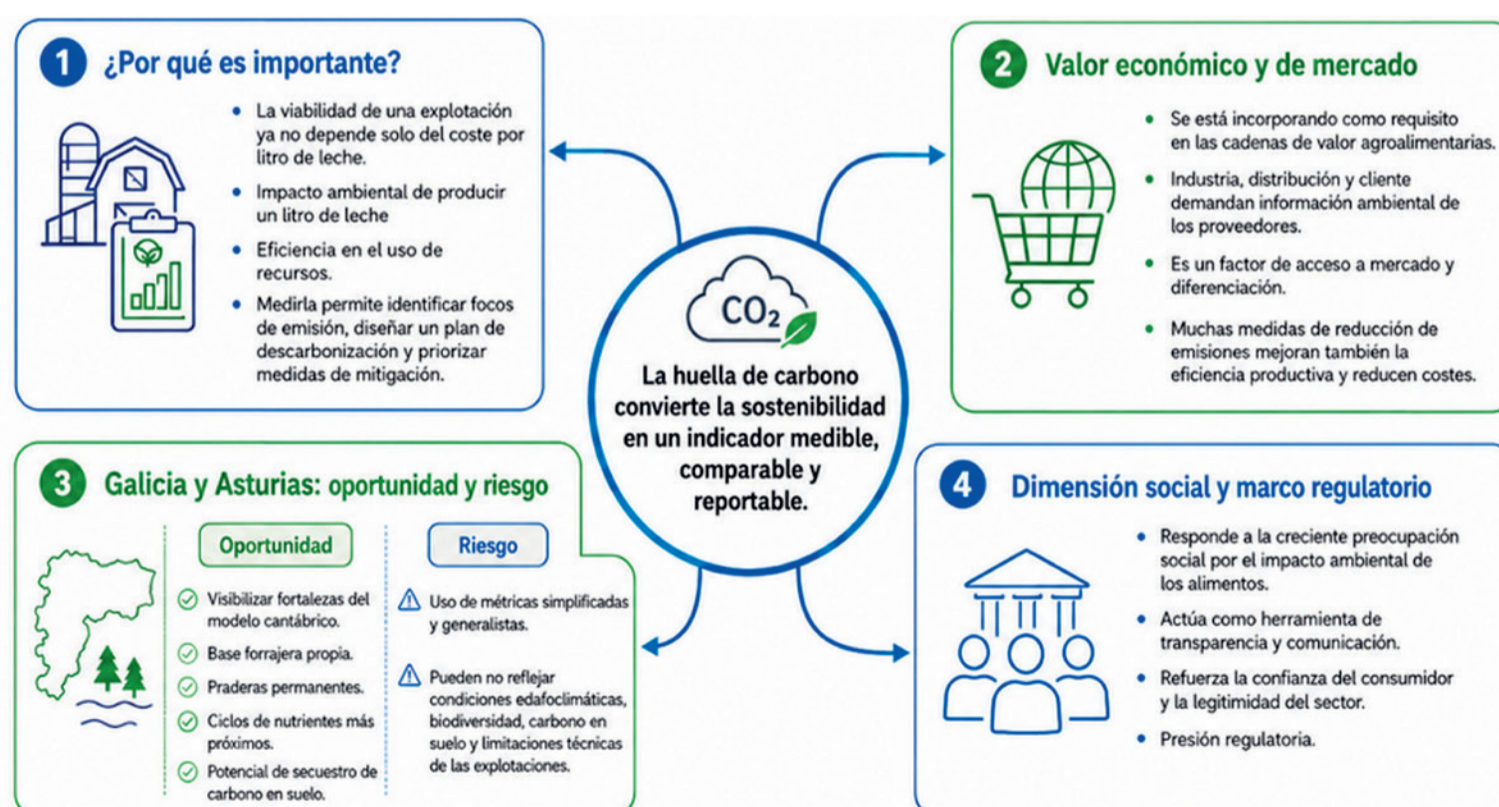


Figura 1. Huella de carbono en el sector lácteo. Elaboración propia.

OBJETIVO

La presente guía tiene como objetivo trasladar a la Administración y a los agentes del ecosistema lácteo una serie de recomendaciones estratégicas y operativas orientadas a impulsar una transición sostenible, realista y científicamente sólida del sector ganadero lácteo de la cornisa cantábrica a través a la perspectiva del ganadero como eje central del debate.

La guía parte de una premisa fundamental: la sostenibilidad del sector lácteo no puede abordarse únicamente desde una perspectiva ambiental ni mediante soluciones homogéneas diseñadas al margen de la realidad de las explotaciones. Su finalidad va más allá de cuantificar la huella de carbono asociada a la producción láctea, y pretende convertirse en una herramienta útil para la toma de decisiones en el sector, donde las medidas y calculadoras propuestas sean capaces de conectar la medición de indicadores ambientales con propuestas realistas de mejora adaptadas a la diversidad productiva, territorial y socioeconómica de las explotaciones de la cornisa cantábrica.

Por otro lado, pretende contribuir a evitar acciones reduccionistas centrados exclusivamente en indicadores climáticos o estrategias de comunicación ambiental poco fundamentadas. Estudios recientes alertan del riesgo de **greenwashing** asociado a las estrategias climáticas del sector agroalimentario. Gran parte de las declaraciones ambientales y compromisos “net zero” de las grandes empresas lácteas carecen de respaldo técnico sólido, se apoyan en métricas poco transparentes y, en muchos casos, priorizan objetivos difícilmente verificables frente a reducciones reales de emisiones [1]. Esta situación refuerza la necesidad de avanzar hacia metodologías oficiales, armonizadas y adaptadas a la realidad productiva de las explotaciones, especialmente teniendo en cuenta que los resultados obtenidos en el proyecto LAKTIS muestran diferencias cercanas al 50 % en la huella de carbono de una misma explotación dependiendo únicamente de la herramienta de cálculo utilizada.

El esfuerzo, además de centrarse en minimizar el impacto en la parte de cambio climático, debe promover estrategias que escapen del **efecto túnel** actual en la visión de sostenibilidad y abarquen todas las áreas clave (pérdida de biodiversidad, seguridad alimentaria, etc.) (Figura 2).

Los sistemas alimentarios actuales representan casi un tercio de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero



Figura 2. Efecto túnel del concepto de Sostenibilidad.

(GEI), consumen grandes cantidades de recursos naturales, provocan pérdidas de biodiversidad e impactos negativos en la salud, y no permiten retornos económicos y medios de vida justos para todos los actores, en particular para los productores primarios. En este contexto, en la Unión Europea nace el **Pacto Verde Europeo**, que ha establecido una hoja de ruta orientada a transformar la economía hacia un modelo climáticamente neutro, eficiente en el uso de los recursos y socialmente justo. Dentro de este marco, la **Estrategia “De la Granja a la Mesa”** constituye una de las principales iniciativas para avanzar hacia sistemas alimentarios justos, saludables y respetuosos con el medio ambiente, reforzando la seguridad alimentaria, reduciendo la huella ambiental y climática de la producción de alimentos y promoviendo la resiliencia del conjunto de la cadena alimentaria [2]. Esta estrategia se complementa, además, con la **Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030** y con los objetivos de la **Política Agraria Común 2023-2027**, que integran la competitividad, la renta agraria, la acción climática, la protección de los recursos naturales, el relevo generacional, el desarrollo rural y la innovación como elementos clave para la sostenibilidad del sector agroalimentario europeo [3]. En esta misma línea, la propuesta de la Comisión Europea para la PAC (Política Agraria Común) 2028-2034 confirma la necesidad de avanzar hacia un modelo agrario más justo, competitivo, sostenible y resiliente, en el que la sostenibilidad ambiental vaya acompañada de apoyo a la renta, relevo generacional, vitalidad rural e incentivos para la adopción de prácticas más sostenibles. Aunque se trata todavía de un marco en fase de propuesta y negociación, sus orientaciones conectan directamente con la premisa de esta guía: la transición sostenible del sector lácteo solo será efectiva si combina objetivos medioambientales medibles con viabilidad económica, simplificación administrativa y acompañamiento técnico adaptado a la realidad de las explotaciones.

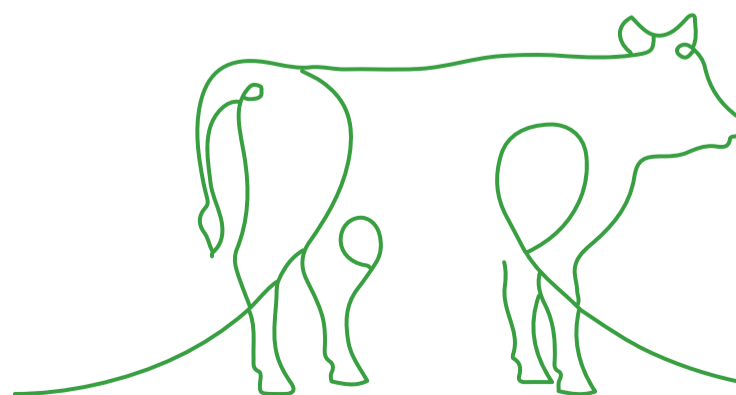
En esta línea, la presente hoja de ruta aborda la sostenibilidad del sector lácteo de la cornisa cantábrica, entendiendo que debe responder simultáneamente a las necesidades de la población, a la conservación de los ecosistemas y a la viabilidad económica de las explotaciones y comunidades rurales. Por ello, pretende ser un libro de recomendaciones basadas en la práctica y desde la voz, experiencia y conocimiento de todo el sector, para conseguir aplicar una normativa realista y adaptada a la situación particular de la cornisa. Para esto es necesario tener en cuenta los siguientes **Objetivos Transversales**, que sirvan como eje:

- Garantizar las necesidades básicas de la población, suministrando alimentos sostenibles y de calidad.
- Mejorar la calidad del medioambiente y los recursos naturales.
- Garantizar la viabilidad de la ganadería, los trabajadores y trabajadoras y las comunidades en las que desarrollan la actividad.

La gran mayoría de las iniciativas existentes se centran en la evaluación ambiental de las prácticas agrícolas y ganaderas actuales mediante la medición de emisiones asociadas a las mismas. En este contexto se busca ir un paso más allá y evolucionar de la cuantificación de impactos a la recomendación de soluciones basadas en datos generados in situ para hacer frente a dichos impactos, a través de investigación territorial como lanzadera para mitigar el cambio climático y la pérdida de biodiversidad.

De este modo, se identifican los siguientes **Objetivos Específicos**:

- Usar los recursos autóctonos de la tierra y otros residuales, en combinación con la biotecnología y la tecnología digital para fomentar soluciones que cumplan con los principios de la bioeconomía circular.
- Fomentar soluciones agrícolas innovadoras que permitan llegar a reducir el impacto del sector en términos de huella de carbono pero manteniendo la biodiversidad y los recursos hídricos.
- Colocar al sector primario en el centro de la investigación y la inversión y darle la importancia y reconocimiento que necesita para seguir manteniendo la soberanía alimentaria a nivel regional.
- Trasladar los avances en ciencia y diseñar estrategias “win-win” para todos los agentes del ecosistema lácteo (incluida la Administración), que permitan integrar las estrategias de mitigación y adaptación del cambio climático basadas en ciencia a través de una herramienta de medición estandarizada y flexible ante la gran variedad de explotaciones y sus particularidades, de modo que permita la toma de decisiones incluyendo impacto ambiental-económico-social, y comunicarlas colocando al ganadero en el centro para poder llegar a conseguir efectividad real en la futura aplicación de las soluciones.



MISIÓN Y ENFOQUE: MODELO AKIS

La principal misión es servir de base como documento de referencia para orientar decisiones político-administrativas de carácter técnico relacionadas con la sostenibilidad del sector lácteo y en particular con el papel de la ganadería.

La guía pretende contribuir a la definición de una hoja de ruta compartida para la descarbonización y mejora ambiental del sector lácteo, pero evitando que la transición sostenible se interprete como una carga añadida para el ganadero.

En este sentido, los esfuerzos se han centrado en recoger las necesidades reales para que se transformen en recomendaciones prácticas y conectadas con el territorio. Por ello, se ha seguido un enfoque basado en la colaboración multiactor del modelo europeo AKIS.

El enfoque AKIS (por sus siglas en inglés, *Agricultural Knowledge and Innovation Systems*) se basa en la creación de una red de personas, entidades e instituciones que generan, comparten y utilizan conocimiento e innovación para mejorar la agricultura, el sector agroalimentario y el medio rural [4]. Se materializa en una lógica multiactor en la que la figura del agricultor-ganadero se sitúa en el centro del debate, no sólo como usuario final de las recomendaciones, si no como fuente principal de conocimiento práctico (Figura 3).

Su objetivo principal es que la innovación y transformación tecnológica lleguen de forma útil a quienes las necesitan y a través de un proceso de aprendizaje e intercambio de conocimiento adaptado, fomentando la implicación y poniendo en valor todos los eslabones de la cadena, desde productores primarios, asesores, cooperativas, investigadores hasta administraciones, entidades de formación y asociaciones. La idea es pasar de un modelo lineal, en el que la investigación transfiere conocimiento al sector, a un modelo más colaborativo e interactivo, donde el conocimiento se co-crea y se comparte entre todos los agentes.

Este documento pretende dar soporte especialmente a los asesores y técnicos de cooperativas que actúan como puente entre la investigación científica y los productores primarios. Su función es ofrecer orientación personalizada ayudando a que las explotaciones adopten soluciones más sostenibles y competitivas en consonancia con los objetivos de la PAC (Figura 4).

Aunque este concepto nace en Europa en 2008 bajo la presidencia francesa del Consejo, gana importancia en 2010 con la creación del Grupo de Trabajo de expertos sobre Sistemas de Conocimiento e Innovación Agrícolas (SWG SCAR-AKIS) que introducen por primera vez el término **“innovación social”**. Más tarde en el Plan Estratégico de la PAC, (PEPAC 2023-2027), se manifiesta la importancia del AKIS con el objetivo transversal **“Conocimiento e Innovación”**, cuya finalidad es modernizar el sector agrario a través del fomento y la puesta en común del conocimiento, la innovación y la digitalización en las zonas agrícolas y rurales.



Figura 3. Modelo AKIS. Imagen adaptada de la página oficial de la plataforma AKIS.



Figura 4. Objetivos del PEPAC 2023-2027. Imagen adaptada de la página oficial de la plataforma AKIS.

La transferencia de conocimiento ha funcionado tradicionalmente de forma unidireccional, desde la investigación o la industria hacia las explotaciones. LAKTIS reformula esta lógica mediante un enfoque bottom-up (de abajo hacia arriba), en el que las necesidades y limitaciones de los ganaderos se incorporan como núcleo del debate. La transferencia se convierte así en un intercambio bidireccional, donde el conocimiento científico-técnico se contrasta y avanza con la experiencia productiva, territorial y económica del sector.

AKIS, **Agricultura-Conocimiento-Innovación-Sistemas**, es también la lógica y estructura que se sigue en esta guía reflejando la importancia del modelo, el sentido del flujo de la información y las metodologías empleadas para la generación de conocimiento y la propuesta de soluciones.



1.

Introducción - “Agricultura”

“La Agricultura es el ámbito en el que el concepto del sistema se enmarca. Esto no es solo agricultura como tal, sino que se pretende abordar su sentido amplio, incluyendo las comunidades rurales, sistemas alimentarios y no alimentarios, biodiversidad, medio ambiente y clima, y consumidores”

1.1. Relación del sector lácteo con el medio ambiente

En el camino hacia un sector agroalimentario y ganadero sostenible, es esencial aplicar prácticas que mitiguen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y reduzcan la huella de carbono. Sin embargo, alcanzar resultados efectivos y contribuir a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** exige adoptar un enfoque más amplio, ya que los sistemas alimentarios inciden de forma transversal sobre muchos de ellos. En particular, la agricultura ha sido identificada como clave para responder al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 de Cambio Climático por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, del inglés Food and Agriculture Organization of the United Nations)[5].

Además de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en los últimos años ha adquirido gran relevancia el concepto de **“límites planetarios”** que define los umbrales ambientales que no deberían superarse para mantener la estabilidad y resiliencia de la Tierra [6]. Este enfoque identifica nueve procesos clave cuya alteración puede comprometer el funcionamiento seguro del planeta, entre ellos: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los cambios en el uso del suelo o los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y el fósforo. Recientemente se ha comprobado que seis de estos nueve límites ya han sido sobrepasados como consecuencia de la actividad humana, lo que evidencia el creciente deterioro ambiental global [7].

El sistema agroalimentario desempeña un papel especialmente relevante en esta problemática, ya que está directamente vinculado a varios de los límites planetarios más críticos. La agricultura y la ganadería contribuyen de forma significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero, a la transformación de los usos del suelo, al consumo intensivo de agua dulce y a la alteración de los ciclos del nitrógeno y del fósforo debido al uso de fertilizantes y purines.

La relevancia de estos límites también ha sido analizada a escala regional. En el caso de Galicia, un estudio reciente concluye que los límites relacionados con el uso del suelo y el consumo de agua se mantienen dentro de la denominada zona de seguridad, mientras que los vinculados a los ciclos del nitrógeno y del fósforo ya habrían sido superados, situándose en una zona de riesgo para el sistema territorial y los ecosistemas acuáticos. El trabajo destaca además la relación entre estas alteraciones y los procesos de eutrofización de las aguas, especialmente asociados a las actividades agrarias y ganaderas intensivas [8].

Dentro del sector agroalimentario, el foco se pondrá en las actividades agrícolas y ganaderas por ser las que generan, con gran diferencia, el mayor impacto en comparación con el resto de los subsectores del primario (forestal, pesca, acuicultura, etc.).

Las actividades agrícolas y ganaderas representan aproximadamente el 15% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel nacional. Dentro de este sector, las principales fuentes de emisión son la fermentación entérica del ganado, responsable de cerca del 50 % de las emisiones en forma de metano (CH₄); la gestión de estiércoles y purines, que aporta alrededor del 30 %, principalmente metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O); y el uso de los suelos agrícolas, asociado aproximadamente al 17% de las emisiones, fundamentalmente en forma de CO₂ y N₂O (Tabla 1) [9][10]. En el caso específico del sector bovino lechero, la fermentación entérica constituye la principal fuente de emisiones debido a los procesos digestivos propios de los rumiantes. Diversos estudios realizados muestran que la fermentación entérica puede representar entre el 45 % y el 65 % de la huella ambiental total de una granja, dependiendo del sistema de producción, la alimentación y el manejo del ganado. Estos datos evidencian que las prioridades de actuación para la reducción de emisiones deben centrarse especialmente en estos tres ámbitos.

Según los últimos datos disponibles, el sector agropecuario español incrementó sus emisiones de GEI un 0,6 % respecto a 2023. Este aumento se debe principalmente al crecimiento de las emisiones procedentes de la agricultura, que aumentaron un 8,5 % como consecuencia del incremento de las emisiones asociadas al uso de fertilizantes y a la gestión de los suelos agrícolas. En contraste, las emisiones derivadas de las actividades ganaderas se redujeron un 1,3 %, principalmente gracias a mejoras en la gestión de estiércoles y purines [9].

A escala europea, la distribución de las principales fuentes de emisiones agroganaderas es similar a la observada en España. El metano procedente de la fermentación entérica representa aproximadamente el 48 % de las emisiones del sector, el óxido nitroso derivado de los suelos agrícolas alrededor del 31 %, y las emisiones asociadas a la gestión de purines cerca del 17 %. Las emisiones se concentran especialmente en Italia, Francia, Alemania y España, países que reúnen alrededor del 60 % de la producción ganadera europea y más del 50 % de las emisiones asociadas a la fermentación entérica. Además, Francia, Alemania y España destacan entre los principales emisores vinculados a la gestión de estiércoles y purines [10].

Paralelamente, las actividades agroganaderas ejercen una presión significativa sobre la biodiversidad y la gestión del agua.

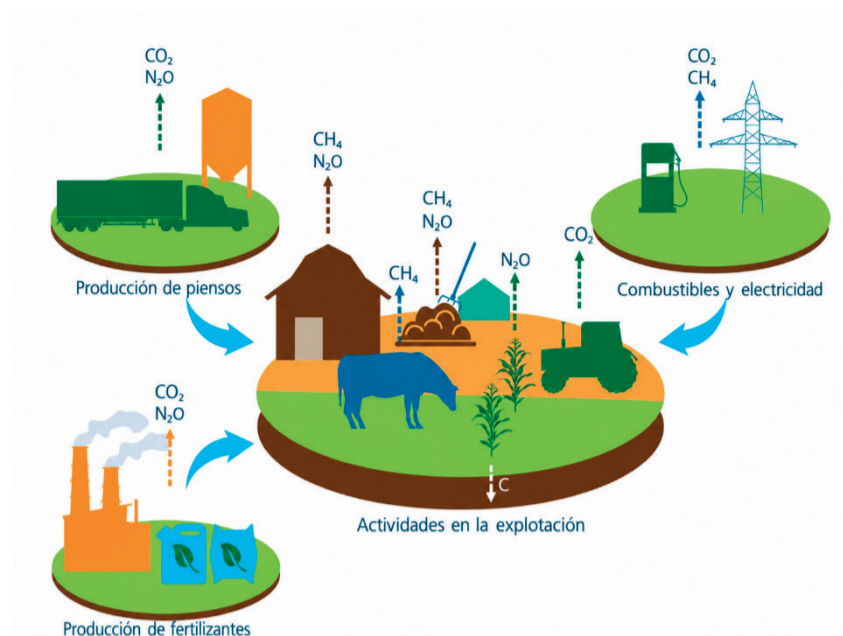


Figura 5. Fuentes de emisión de GEI asociadas a la ganadería (The International Dairy Federation (IDF), 2022).

En cuanto a la huella hídrica, la agricultura supone alrededor de un 38 % del total, y un 80 % dentro del sector primario (la selvaicultura asciende a cerca de un 14 %, seguido de la ganadería y caza con casi un 4 %) [11].

Agricultura y biodiversidad son interdependientes: el 50 % de las especies de la UE dependen de hábitats agrícolas y se han identificado 63 tipos de hábitat vinculados o beneficiados por prácticas como el pastoreo y la siega de baja intensidad. Al mismo tiempo, la producción agraria depende de servicios ecosistémicos como la fertilidad del suelo, la conservación del agua, la polinización y la resistencia frente a plagas y enfermedades. Sin embargo, la intensificación agrícola desde 1950, el mayor uso de fertilizantes y plaguicidas, el riego y la modificación del terreno han contribuido a la pérdida de biodiversidad, hasta el punto de que casi el 50 % de las presiones sobre la naturaleza asociadas a la contaminación proceden de emisiones agrícolas y ganaderas al aire, agua y suelo. [12][13]

Tabla 1. Emisiones de GEI asociadas a las actividades agrícolas y ganaderas en España en 2024 (última actualización). Elaboración propia a partir de datos del Inventario Nacional de GEI.

Fuentes de emisiones	Emisiones netas de GEI (kt CO ₂ eq)				Emisiones totales (%)	
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total	Sector agrícola	Total (todos los sectores)
Fermentación entérica	-	16.098,4	-	16.098,4	48,42	7,46
Gestión de estiércoles	-	8784,1	1449,6	10.233,7	30,78	4,74
Suelos agrícolas	-	-	5658,8	5.658,8	17,02	2,62
Cultivo de arroz	-	716,1	-	716,1	2,15	0,33
Aplicación de Urea	452,6	-	-	452,6	1,36	0,21
Otros fertilizantes que contienen C	44,3	-	-	44,3	0,13	0,02
Otros				44,9	0,14	0,03
TOTAL				33.248,8	100	15,42

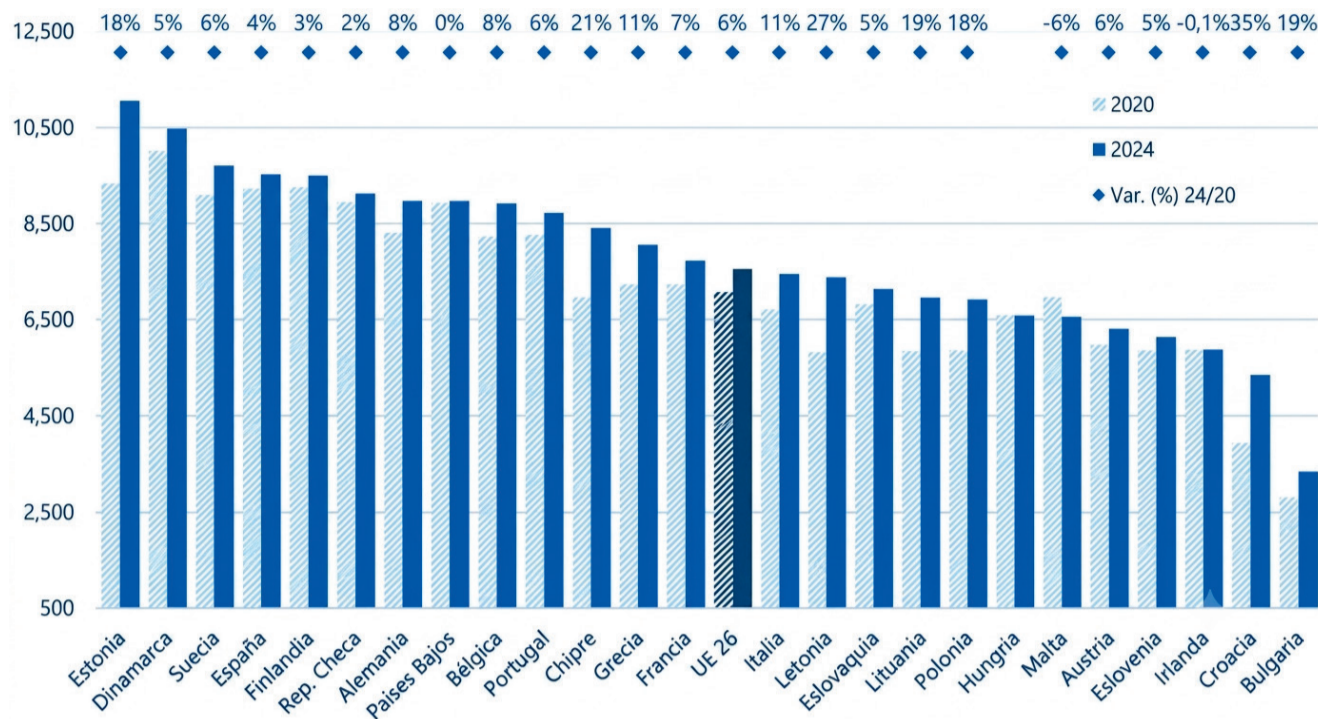


Figura 7. Rendimiento lácteo (kg/vaca/año). Fuente: Eurostat; adaptada de SGPGyC.

1.2. Singularidad y particularidades de las granjas en Galicia y Asturias

El sector lácteo de Galicia y Asturias forma parte de un modelo productivo singular dentro del conjunto español. Su relevancia no se explica únicamente por el volumen de leche producido o por la concentración territorial de explotaciones, sino también por la importancia del **modelo ganadero familiar**. En estas regiones, la actividad láctea no es solo una actividad productiva, sino un elemento estructurante del paisaje, de la economía local y de la identidad de numerosas comunidades rurales.

La cornisa cantábrica constituye una de las principales áreas lácteas de España. En 2024 concentró el 80% de los ganaderos con entregas de leche cruda del país, con Galicia representando el 56%, Asturias el 13%, Cantabria el 8% y País Vasco el 2% (Figura 6). Esta distribución es prácticamente idéntica a la existente en 2020, lo que indica que, aunque el número de ganaderos ha descendido de manera general, no se ha producido una deslocalización significativa del tejido productivo. En Galicia, el número de ganaderos con entregas registró el mayor descenso en cifras absolutas entre 2020 y 2024 pasando de 7.284 a 5.769 explotaciones, lo que supone una caída del 21%. [14]

La cornisa cantábrica concentra casi el 58% del censo nacional de vacas de ordeño, aportando Galicia el 41% y Asturias el 8%. En términos de entregas de leche, concentra el 56% del total nacional (Galicia 41%, Asturias 7%, Cantabria 5% y País Vasco 2%). En concreto, Galicia produjo el 41% de la leche cruda declarada a nivel nacional, pasando de 2,896 a 3,072 millones de toneladas, el mayor incremento absoluto registrado en el país. [14]

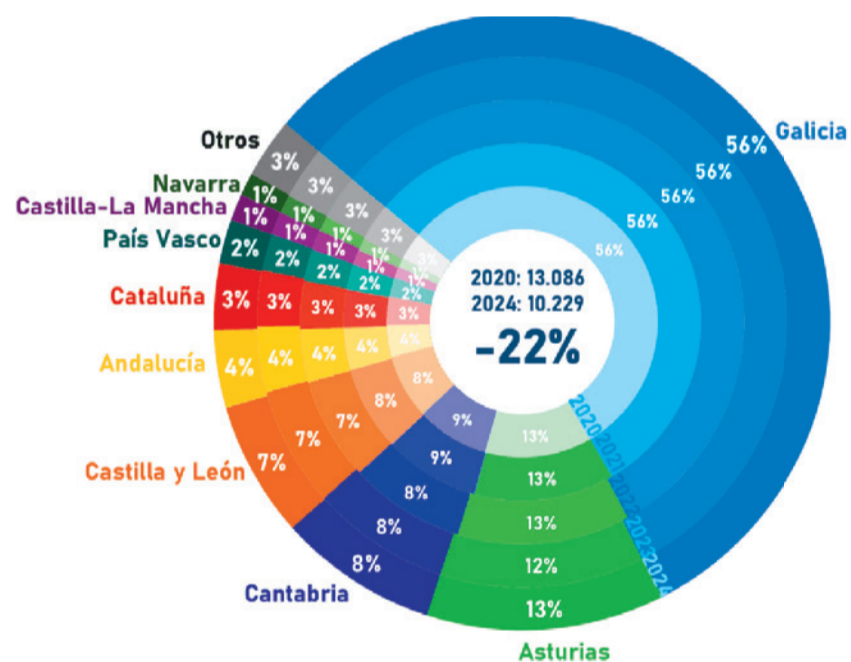


Figura 6. Promedio ganaderos con entregas 2020 a 2024 (%). Fuente: datos INFOLAC; adaptada de SGPGyC.

El rendimiento lácteo en España se encuentra por encima de la media para el conjunto de los países de UE-26, situándose en el 4º puesto entre los países con mayores rendimientos, por delante de Países Bajos, Alemania, Portugal, Francia e Italia (Figura 7). En el caso de aquellas regiones con una larga tradición lechera, como son las de la cornisa cantábrica, los rendimientos por vaca y por explotación son inferiores a la media nacional, salvo en Galicia [14].

Estos datos reflejan la **paradoja estructural** del sector: disminuye el número de explotaciones y el censo de vacas, pero la producción se mantiene o incluso crece ligeramente. En el conjunto de España, los ganaderos con entregas disminuyen

un 22 % y el censo de vacas de ordeño cae un 7 %, mientras que las entregas de leche aumentan un 1 %. Este proceso evidencia una intensificación progresiva, aunque en Galicia y Asturias dicha intensificación convive con un **tejido productivo** todavía muy **atomizado** y con una importante presencia de explotaciones familiares.

Uno de los aspectos más destacados es su **base territorial y forrajera**. Frente a otros modelos más dependientes de concentrados e insumos externos, muchas explotaciones gallegas y asturianas mantienen una parte relevante de la alimentación vinculada a la propia explotación o a su entorno próximo. Esta base forrajera, junto con la presencia de praderas y pastos, constituye una de las principales fortalezas del modelo, tanto a nivel ambiental como productivo.

En el ámbito ambiental, los indicadores relacionados con **la gestión de nutrientes y el uso del suelo** reflejan una mayor integración del sistema productivo. La relación entre la cantidad de purín generado, la capacidad de almacenamiento y la superficie disponible permite comprobar que los nutrientes se reciclan mayoritariamente dentro de la explotación. Esto se observa en las dosis de abonado orgánico frente al uso de fertilizantes químicos. Además, la presencia de praderas y pastos con altos niveles de materia orgánica y carbono en suelo, indica una mayor capacidad de secuestro de carbono.

Sin embargo, este modelo también presenta **condicionantes estructurales** relevantes, como el minifundismo y la fragmentación parcelaria. Estos aspectos dificultan la eficiencia en la producción de forrajes al limitar la implantación de determinadas tecnologías e incrementan los desplazamientos elevando así el consumo de gasóleo. A estas cuestiones se suman las condiciones edafoclimáticas atlánticas (pendiente del terreno, % humedad y compactación, distribución estacional de las lluvias, frecuencia de temporales, etc.) factores que condicionan la gestión del suelo.

Además, muchas explotaciones familiares deben afrontar inversiones en infraestructuras (establos, fosas de purín, maquinaria) que son proporcionalmente más exigentes que para explotaciones de mayor tamaño. Cuando la inversión es similar pero el número de animales y el volumen de ingresos son inferiores, el periodo de recuperación económica es más largo. Esta realidad debe ser considerada en el diseño de políticas, exigencias normativas y herramientas de medición ambiental, ya que aplicar criterios homogéneos puede penalizar injustamente este modelo productivo.

1.3. La huella de carbono como nuevo estándar de competitividad y sostenibilidad

La huella de carbono se está consolidando como un nuevo estándar de competitividad en el sector lácteo porque permite traducir la sostenibilidad en un indicador medible, comparable y reportable. El análisis de la viabilidad de una explotación ya no puede basarse únicamente en el coste por litro de leche, el nuevo contexto incorpora también el impacto ambiental por litro producido y la eficiencia en el uso de recursos. Los datos de LAKTIS sugieren que un kilo de CO₂e y desde la alimentación tiene un coste de 0,245 €.

Medir la huella de carbono es imprescindible para identificar los principales focos de emisión, establecer un plan de descarbonización y priorizar medidas de mitigación. En el ámbito económico, este indicador se está incorporando progresivamente



como un requisito en las cadenas de valor agroalimentarias. Industria, distribución y cliente demandan cada vez más información sobre el impacto ambiental de sus proveedores, lo que convierte la huella de carbono en un **factor de acceso a mercado y diferenciación**. Desde el punto de vista social, la creciente preocupación por el impacto ambiental de los alimentos impulsa la demanda de sistemas productivos más sostenibles. En este sentido, la huella de carbono actúa como una **herramienta de transparencia y comunicación**, contribuyendo a reforzar la confianza del consumidor y la legitimidad del sector. Además, muchas estrategias de reducción de emisiones están asociadas a una mejora de la eficiencia productiva, lo que repercute positivamente en los costes. En paralelo, la presión regulatoria refuerza esta tendencia con políticas como La Estrategia “De la Granja a la Mesa” y la PAC 2023-2027.

Para Galicia y Asturias, este contexto representa al mismo tiempo una oportunidad y un riesgo. La oportunidad reside en visibilizar fortalezas propias del modelo cantábrico (base forrajera propia, praderas, ciclos de nutrientes más próximos, potencial de secuestro de carbono en suelo) mientras que el riesgo aparece si la medición se realiza mediante métricas simplificadas y generalistas que no incorporen aspectos característicos como las condiciones edafoclimáticas, la biodiversidad, el carbono en suelo o las limitaciones técnicas de las explotaciones.

Por este motivo, la huella de carbono debe integrarse en un marco de evaluación más amplio. Es un indicador clave, pero insuficiente por sí solo para definir la sostenibilidad del sector. Su utilidad dependerá de la calidad de los datos, la metodología empleada y de la capacidad de traducir los resultados en decisiones prácticas, económicamente viables y socialmente justas. Las explotaciones que analicen, comprendan y reduzcan sus impactos estarán mejor posicionadas que aquellas que no puedan aportar datos sólidos y comparables.



2.

Contextualización y diagnóstico inicial – “Conocimiento”

“El **Conocimiento**: Se quiere poner el foco en un mejor uso del conocimiento existente para el ámbito de la investigación y las prácticas.”

Antes de profundizar en materia de sostenibilidad y abordar retos específicos como la huella de carbono de una explotación láctea o las diferentes estrategias de mitigación disponibles, es necesario conocer cuáles son las necesidades primarias del sector desde la perspectiva del ganadero-agricultor: cuál es el origen de esas necesidades, cuáles son sus principales preocupaciones, qué materias están superadas y cuáles todavía necesitan más conocimiento, acción y visibilidad.

En la última década el sector primario ha experimentado una gran transformación, se ha alcanzado un nivel de profesionalización y automatización elevado liderado por la innovación tecnológica que ha permitido mejorar exponencialmente la productividad y eficiencia de las explotaciones.

Biología-tecnología-veterinaria ha sido el nexo de esfuerzo y trabajo para conseguir que aspectos como la selección de razas, alimentación y bienestar animal no solo tengan una influencia directa en la productividad, sino que se han convertido en “sellos de calidad”. Esto ha permitido sostener las explotaciones y la permanencia del sector como un pilar económico y cultural fundamental de nuestro país y, en concreto, de la cornisa cantábrica.

Sin embargo, la sostenibilidad desde la perspectiva ambiental es todavía un reto. La sostenibilidad ambiental es un pilar central en la actuación y estrategia de negocio de cooperativas

y transformadoras lácteas pero, el conocimiento y la sensibilización debe calar en el eslabón más bajo de toda la cadena de valor: los ganaderos. Si bien es cierto que los agricultores y ganaderos representan una figura clave como “guardianes del territorio”, en la conservación del paisaje natural y en la relación del ser humano dentro del ecosistema, el impacto ambiental de la ganadería, especialmente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y gestión de residuos ganaderos, es significativo.

Como punto de partida, se ha hecho hincapié en dos términos muy relevantes para el sector: eficiencia tecnológica y bienestar animal-ambiental. A través de **dinámicas grupales donde la voz de decisión recae en el ganadero** y utilizando **herramientas digitales interactivas**, se ha profundizado en analizar el vínculo impacto-esfuerzo existente y el comportamiento entre puntos como la salud animal, los cultivos, la raza, la biodiversidad, la gestión de residuos y purines, entre otros, con estas dos líneas generales.

2.1. Eficiencia tecnológica y bienestar animal

- Matriz sobre eficiencia tecnológica:** los participantes, en su mayoría ganaderos, entienden este término en un sentido amplio más allá de la digitalización o adquisición de nueva maquinaria. La mejora tecnológica se percibe como una optimización del sistema productivo. Salud animal y alimentación se concentran en la zona de mayor impacto, aunque asociadas también a un esfuerzo medio-alto (Figura 8). En cambio, la raza se considera una variable de impacto más moderado. En esta primera aproximación ya se puede esbozar una tendencia clara; **las áreas con más impacto percibido son precisamente aquellas donde el ganadero siente que puede actuar de forma más directa** sobre la eficiencia global de la explotación. Esto apunta a que las medidas con mayor probabilidad y facilidad de adopción serán las que conecten sostenibilidad con mejora del funcionamiento rutinario de la explotación.
- Matriz sobre bienestar animal y ambiental:** esta cuestión permite entender el grado de conocimiento y la relación del ganadero con el medioambiente. Huella de carbono, biodiversidad, purines y bienestar animal/longevidad aparecen en la parte alta del gráfico, lo que indica que se consideran ámbitos de alto impacto real o potencial, suponiendo o invirtiendo mayor esfuerzo en el bienestar animal y gestión de purines (Figura 9). Esto demuestra una conciencia clara de su importancia, y quizás una mayor predisposición a trabajar en ellas si se dispone de herramientas estandarizadas y adaptadas a la realidad de las explotaciones.

No existe una separación entre sostenibilidad ambiental y productividad. El hecho de que bienestar animal/longevidad se sitúe entre los ámbitos de mayor impacto indica que se percibe como un eje donde confluyen **eficiencia, sostenibilidad ambiental y viabilidad económica**, algo muy alineado con el enfoque de triple impacto que se propone en el proyecto LAKTIS.

2.2. Resiliencia del sector lácteo

Se observa una indiscutible importancia de las políticas europeas, nacionales y locales, que demuestra que los participantes consideran que la resiliencia futura del sector no dependerá solo de lo que haga cada explotación, sino del marco regulatorio, institucional y de incentivos que la rodea (Figura 10).



Figura 8. Matriz Impacto vs. Esfuerzo en eficiencia tecnológica. Elaboración propia a través de las dinámicas.

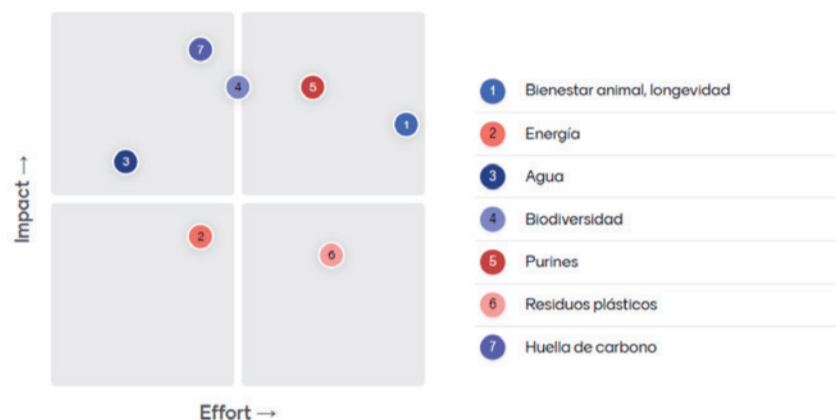


Figura 9. Matriz Impacto vs. Esfuerzo en bienestar animal y ambiental. Elaboración propia a través de las dinámicas.

Es decir, perciben que, sin reglas claras, estabilidad y acompañamiento público, la adaptación del sector será mucho más difícil. Además de la digitalización y la trazabilidad y transparencia en toda la cadena, destacan dos puntos clave: el compromiso social y la colaboración cooperativa. Estos dos aspectos ponen de relevancia una de las necesidades prioritarias del sector, reconocimiento y mayor conexión con la sociedad. El sector no está pensando solo en productividad y rendimiento económico, sino en la oportunidad para ser **más visible, medible y demostrable**. El dato más llamativo es que la variable de **gestión sostenible medioambiental** queda en último puesto del ranking. Aunque la interpretación no es una falta de interés ambiental, sino más bien como que la percepción de una condición asumida o más integrada a nivel normativo.

Ranking de los puntos que ves como críticos para la resiliencia del sector en los próximos 5 años

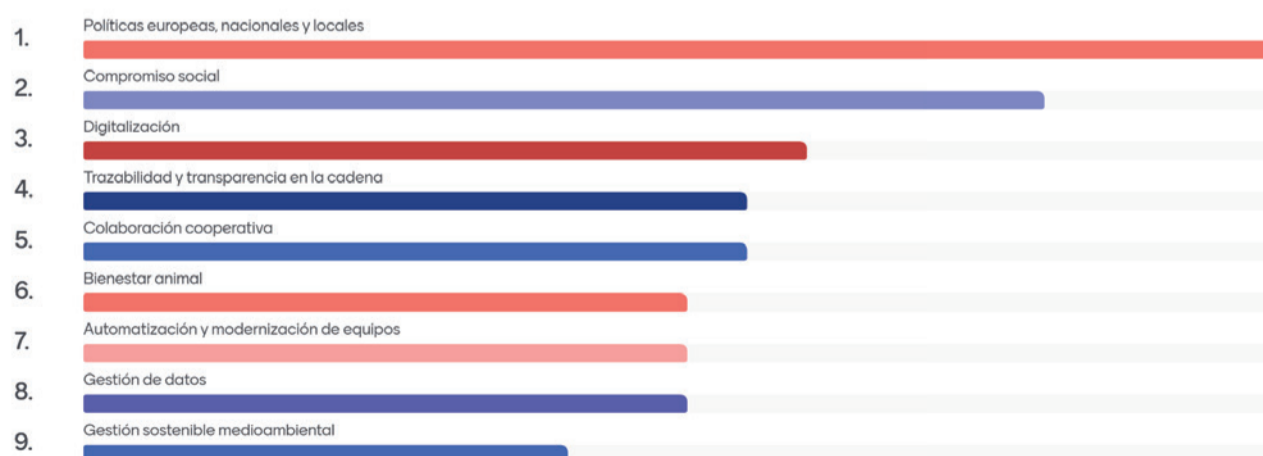


Figura 10. Clasificación de puntos críticos para la resiliencia del sector. Elaboración propia a través de las dinámicas.

Las metodologías utilizadas permitieron identificar percepciones relevantes sobre la sostenibilidad, eficiencia y resiliencia del sector lácteo. En relación con la eficiencia tecnológica, los participantes situaron como ámbitos de mayor impacto la salud animal, la alimentación, los cultivos y el manejo, lo que evidencia una **concepción de la innovación vinculada a la optimización general del sistema productivo** más que a la simple incorporación de equipamiento o tecnología externa. En el bloque de bienestar animal y ambiental; la huella de carbono, la biodiversidad, la gestión de purines y el bienestar animal/longevidad fueron percibidos como los factores de mayor impacto, si bien algunos de ellos se asociaron a un mayor esfuerzo de implementación, lo que pone de manifiesto la **necesidad de acompañamiento técnico y herramientas de medición adaptadas a la realidad de las explotaciones**. Por otra parte, en cuanto a su visión sobre los factores críticos para la resiliencia del sector a corto plazo, se mostró una priorización clara del marco político-regulatorio, el compromiso social, la digitalización y la transparencia en toda la cadena, evidenciando que los ganaderos entienden la **resiliencia futura como un reto del sistema que trasciende lo estrictamente ambiental**.



Figura 11. Imágenes de las metodologías y dinámicas grupales realizadas en el marco del proyecto LAKTIS.

2.3. Estrategias de mitigación

Uno de los principales temas en los que se basa la presente Guía es el abordaje de las diferentes estrategias de mitigación en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero y reducción de la huella de carbono.

Se llevaron a cabo numerosas sesiones de trabajo alrededor de esta temática, siguiendo siempre **una metodología con enfoque “akis” y mesas de trabajo “ganadero-observador”** donde el conocimiento de otros actores del sector reforzó el debate y permitió profundizar y abordar con mayor detalle en las estrategias de mayor éxito o porcentaje de aceptación. Además, las visitas a diferentes explotaciones lácteas que participan en el proyecto LAKTIS, han servido como **“Living Labs”** o escenarios reales de trabajo y discusión acerca de las diferentes estrategias de mitigación.

Se observa una preferencia muy clara por las medidas de mitigación que actúan sobre la gestión agronómica de la propia explotación, ya que la opción mejor valorada es la reducción de abono químico en la producción de silo de hierba. Esto significa que resultan más atractivas las estrategias directamente bajo control del propio productor.

No se trata solo de una cuestión ambiental ya que también se asocia a una mejor eficiencia en el uso de insumos y, por tanto, a una posible mejora económica. Además, se comprueba que existe cierta receptividad hacia estrategias vinculadas a la alimentación y a la formulación de raciones ya que aparecen valoradas positivamente la introducción de aditivo antimetabogénicos en la ración y la sustitución del aporte de proteína procedente de soja (Figura 12).

La clasificación sugiere que, cuando se habla de descarbonización en el sector lácteo, **la aceptación no depende solo del potencial teórico de reducción**, sino de que la medida sea viable y coherente con la lógica productiva de la explotación. En conjunto, las estrategias no se valoran solo por su potencial de mitigación, sino sobre todo por su **viabilidad real en la explotación**, su facilidad de aplicación y el riesgo percibido por parte de los ganaderos de afectar a la producción o complicar el manejo diario.

Clasificación de las estrategias de mitigación según preferencia

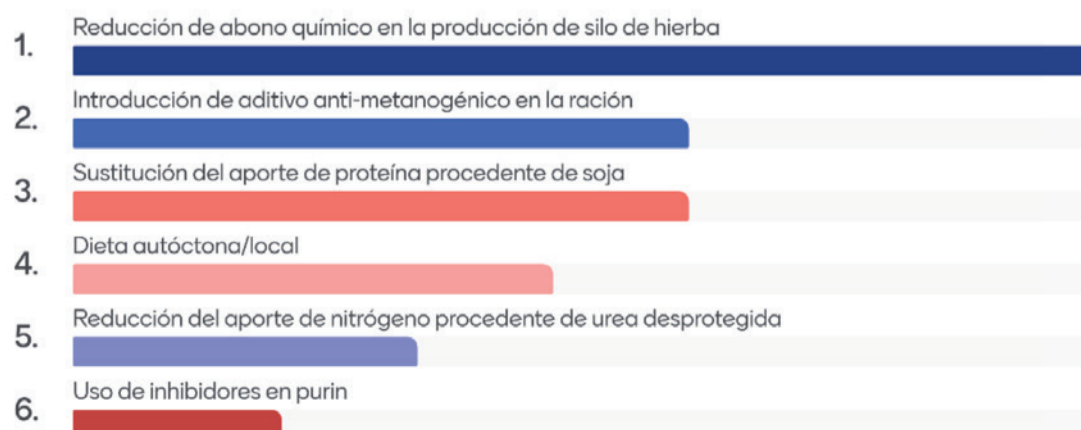


Figura 12. Clasificación de las estrategias de mitigación desde la perspectiva del ganadero.



3.

Metodologías de cálculo

Los estudios existentes en materia de cálculo de huellas para el sector agroganadero muestran que no existe un único método de cálculo, y que en función de las bases de datos y software empleados existen importantes diferencias en lo que se refiere a valores de emisión y resultados.

Actualmente, el mercado ofrece múltiples herramientas de cálculo, incluso algunas específicas para el sector ganadero lácteo (por ejemplo, CoolFarmTool y DairyCant). Sin embargo, esto no es suficiente para asegurar una cuantificación fiable de los impactos con el alcance suficiente como para poder cubrir las múltiples casuísticas que pueden presentarse en cuanto a las características de una determinada explotación. Las mediciones del impacto en las explotaciones agroganaderas se basan en indicadores tradicionales que incluyen el número de animales criados, el peso de los animales, las producciones de leche y de carne, las dietas promedio anuales, etc. Aunque proporcionan cierta visión sobre el rendimiento de las granjas, en muchos casos carecen de la profundidad necesaria para una evaluación ambiental completa.

Por tanto, uno de los mayores desafíos es la falta de un método de cálculo oficialmente definido. **Sin un estándar claro y ampliamente aceptado, las granjas se enfrentan a dificultades para analizar, comparar y reportar su huella ambiental.** Además, no es suficiente con disponer de una solución genérica, para cuantificar de modo efectivo la huella asociada a las actividades primarias, es fundamental aplicar un enfoque integral que permita abordar adecuadamente la amplia diversidad de sistemas productivos y las variaciones asociadas al tamaño, tipo de ganado, prácticas agroganaderas, ubicación geográfica, etc.

En el marco del proyecto LAKTIS se ha trabajado también con la herramienta que propone el Ministerio de Agricultura, Pesca

y Alimentación: ECOGAN. Durante la prueba se han detectado numerosas incidencias en las fases preliminares de introducción de datos. Los usuarios resaltan la dificultad en el tratamiento de datos desde la perspectiva de un ganadero, la complejidad e inversión de tiempo. Cabe destacar que el análisis no ha llegado a término ya que la aplicación generó muchos errores informáticos impidiendo cargar completamente los datos y llegar al último bloque.

A continuación, se describen las 5 metodologías empleadas para el cálculo de la huella de carbono en el proyecto LAKTIS.

3.1. DairyCant

DairyCant es un modelo empírico desarrollado a partir de más de 27 años de investigación orientado a la evaluación ambiental de explotaciones de vacuno lechero en sistemas atlánticos. La herramienta simula las interacciones manejo, clima y sistema de producción, integrando aspectos relacionados con producción forrajera, balances de nitrógeno y fósforo, requerimientos nutritivos, emisiones ganaderas y secuestro de carbono en suelo.

La metodología emplea un enfoque “de la cuna a la puerta”, considerando las emisiones derivadas de producción de alimentos, fermentación entérica, manejo de estiércoles y fertilización, diferenciando además emisiones *on-farm* y *off-farm*. La

unidad funcional utilizada es 1 kg de leche corregida por grasa y proteína (FPCM), expresada en kg CO₂ equivalente, incluyendo emisiones de CH₄, CO₂ y N₂O.

Uno de los principales aspectos diferenciales del modelo es que calcula tanto una Huella Parcial como una Huella Total, incorporando esta última las emisiones asociadas a soja importada, cambio indirecto de uso del suelo (por sus siglas en inglés, Indirect Land Use Change, iLUC) y secuestro de carbono.

3.2. CRADLE2MILK

CRADLE2MILK es una herramienta desarrollada desde el centro singular CRETUS (Cross Research Environmental Technologies) perteneciente a la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Emplea la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) adaptada a las condiciones productivas de las explotaciones lecheras de la cornisa cantábrica. La herramienta parte de los datos primarios proporcionados por las explotaciones, y los integra en un modelo de balance alimentario (metabólico) para una estimación avanzada de emisiones entéricas y de purines, asociado a las características físico-químicas de las raciones empleadas. Así, mediante factores de emisión del IPCC y de la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA), complementados con bases de datos de ciclo de vida, permite estimar la huella de carbono de las explotaciones, bajo el paraguas armonizador de los criterios de cálculo y reporte de la International Dairy Federation (IDF).

La unidad funcional es 1 kg de leche corregida por grasa y proteína (FPCM). El sistema se evalúa con un enfoque “de la cuna a la puerta”, incluyendo producción y transporte de insumos y alimentos, consumos energéticos, fertilización, manejo del ganado, gestión de deyecciones, y manejo de cultivos forrajeros.

Como principal aspecto diferencial, este modelo desagrega la huella de carbono en tres subindicadores: carbono fósil (asociado al uso de combustibles fósiles, producción eléctrica y fertilizantes minerales), carbono biogénico (fermentación entérica y manejo de deyecciones) y carbono asociado a cambio de uso del suelo (incorporando emisiones derivadas de deforestación y expansión de tierras agrícolas). Esta estructura permite una interpretación más detallada del origen de las emisiones dentro de las explotaciones lecheras.

3.3. Air.LCA

Air.e LCA es un software desarrollado por Solid Forest para el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el cálculo de huellas ambientales, destacando por su conectividad con bases de datos internacionales y cumplimiento de estándares ISO 14040/14044 e ISO 14067. La herramienta permite modelar procesos agropecuarios de forma flexible y transparente, integrando factores de emisión oficiales y bases de datos como ecoinvent, Oficina Española de Cambio Climático (OECC) o el Departamento de Medioambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido (por sus siglas en inglés, Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA).

La unidad funcional empleada fue 1 kg de leche corregida por grasa y proteína (FPCM). El análisis se realizó con un enfoque “de la cuna a la puerta” incluyendo producción y transporte de piensos y forrajes, fermentación entérica, gestión de estiércoles, consumo energético y consumo de agua en explotación. El

cálculo de huella de carbono se basa en las metodologías de caracterización IPCC GWP100 más actualizadas, automatizando la conversión de emisiones de CH₄ y N₂O a CO₂ equivalente.

Como aspecto diferencial, destaca por su elevada capacidad de integración y adaptación metodológica a múltiples contextos sectoriales, permitiendo desarrollar análisis robustos y comparables tanto para evaluación técnica como para soporte de estrategias y propuestas normativas.

3.4. CoolFarmTool

Cool Farm Tool es una calculadora de gases de efecto invernadero a nivel de explotación agroganadera orientada a evaluar emisiones asociadas a la producción agrícola y ganadera hasta el alcance 3. La herramienta permite estimar emisiones por unidad de producto mediante un enfoque basado en Análisis de Ciclo de Vida (ACV), integrando directrices metodológicas reconocidas internacionalmente como IPCC 2019, Federación Internacional de Lechería (IDF) 2022 y Global Feed LCA Institute.

Para el proyecto, la unidad funcional utilizada fue 1 kg de leche corregida por grasa y proteína (FPCM). El análisis se realizó con un enfoque “de la cuna a la puerta”, considerando emisiones asociadas a producción de alimento, fermentación entérica, manejo de deyecciones y otros focos de emisión como energía y transporte. Es una herramienta que destaca por su enfoque práctico y operativo. Sin embargo, no se considera que sea una herramienta que permita de forma sencilla aplicar medidas de mitigación salvo cambios en la toma de datos donde se puede elegir y modificar las entradas. En cuanto a medidas de mitigación hay pocas y es muy difícil introducir nuevas.

3.5. ODOS

ODOS es una plataforma de cálculo, seguimiento y verificación (MRV, por sus siglas en inglés, *Monitoring, Reporting and Verification*) orientada al cálculo y gestión de la huella de carbono y biodiversidad en cadenas agroalimentarias. La herramienta combina metodologías de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con sistemas de monitorización y trazabilidad, permitiendo cuantificar emisiones de alcance 1,2 y 3, y evaluar estrategias de mitigación a lo largo de toda la cadena de suministro.

En este proyecto, ODOS utilizó una metodología basada en la norma ISO 14067, integrando datos primarios de explotación junto con bases de datos reconocidas como ecoinvent y Agri-Footprint, así como factores de emisión del IPCC. La unidad funcional empleada fue 1 kg de leche corregida por grasa y proteína (FPCM), utilizando un enfoque “de la cuna a la puerta”, incluyendo producción de alimentos, fermentación entérica, manejo de estiércoles, fertilización y consumo energético.

Como principal característica diferencial, ODOS destaca por su enfoque orientado a monitorización continua, trazabilidad y evaluación de estrategias climáticas basadas en datos (MRV). Combina el cálculo de emisiones con herramientas de apoyo a la toma de decisiones, permitiendo estimar impactos ambientales y económicos, diseñar planes de mitigación, así como proyectar escenarios de reducción de emisiones en explotación.



4.

Resultados: huella de carbono y diagnóstico de descarbonización

Se analizaron 17 explotaciones de Asturias y Galicia, pertenecientes a las cooperativas lácteas Central Lechera Asturiana (CLAS) y Cooperativas Lácteas Unidas (CLUN).

Todos los casos de estudio se corresponden con sistema de producción en intensivo. Las características generales se muestran en la Tabla 2. El análisis se realizó con los 5 modelos propuestos en el apartado 3. *Metodologías de cálculo*, pero

adoptando los mismos criterios de alcance (“de cuna a puerta de la granja”) y unidad funcional (1 kg de leche corregida por grasa y (por sus siglas en inglés, Fat and Protein Corrected Milk, FPCM).

Tabla 2. Caracterización de las 17 explotaciones lácteas analizadas en el proyecto LAKTIS. En los casos donde no se dispone de información se indica como N.D (No Data).

Código	Vacas lactantes (nº)	Superficie total/ Uso forrajero (Ha)	Producción leche (L/año)	Purin generado (m³/año)	Cubierta fosa	Ración alimentación vacas lactantes (kg/vaca/día): silo de maíz/silo de hierba/pienso	Consumo eléctrico (Kwh/año)
1	131	73,57/67,6	2.031.778	5980	No	25/23/11	39.781,16
2	54	43,55/25,55	539.071	N.D	Sí	18/8/12	22.420
3	79	21/18	747.719	N.D	Sí	30/8,5/16	31.058
4	63	34/31	665.717	N.D	Sí	15/17,5/12	40.046
5	50	34/28	556.022	N.D	Sí	21/25/12,5	28.665
6	145	49/45	1.543.290	N.D	N.D	23/7,5/13	31.744
7	56	29/29	558.742	N.D	N.D	29/13/9	20.980
8	130	71,5/70	1.543.823	N.D	Sí	20/8/17,5	43.773
9	100	44,5/44,5	1.373.854	3535	No	22,7/23,12/12,09	54.547
10	118	95,9/95,9	1.579.081	4750	Sí	28,89/14,98/11,63	76.048,52
11	101	47,58/47,58	1.077.277	4650	No	25,51/21,26/10,32	31.597,24
12	118	45,27/45,27	1.552.714	4150	Sí	24,5/9,5/12,75	41.324
13	165	42/42	2.429.669	4680	No	24,5/9,5/12,75	69.699
14	133	110,7/92,3	1.846.388	5902	No	33/7/6	9.576,78
15	154	93,24/93,24	1.902.824	6526	Sí	20/16/12	77.752,08
16	55	34,77/20,26	776.924	2340	No	26/7/10,5	24.808,79
17	77	35/22	1.081.206	3354	No	26/9/11,5	32.705,9

Tabla 3. Resultados del cálculo de huella de carbono expresada en kg CO₂ eq/ kg FPCM

Código explotación	ODOS	CRADLE2MILK	CoolFarmTool	Air.LCA	DairyCant
1	0,89	1,05	1,48	1,13	1,19
2	1,02	1,35	1,65	1,26	1,12
3	1,36	1,47	1,99	1,43	1,29
4	1,05	1,24	1,45	1,32	1,17
5	1,17	1,31	1,76	1,36	1,06
6	1,17	1,33	1,78	1,46	1,36
7	0,91	1,35	1,58	1,36	1,21
8	1,37	1,50	1,59	1,15	1,15
9	1,03	0,96	1,19	0,97	0,75
10	1,13	1,02	1,67	1,24	0,88
11	1,27	1,37	1,60	1,25	0,90
12	1,12	1,16	1,68	1,50	0,72
13	0,97	0,92	1,38	1,10	0,77
14	0,73	1,06	1,32	0,96	1,38
15	0,93	1,15	1,31	1,08	0,94
16	0,99	0,88	1,23	1,04	0,87
17	1,09	0,99	1,28	1,17	0,89
Media	1,07	1,18	1,52	1,22	1,04
Mediana	1,05	1,16	1,58	1,24	1,06
Desviación	0,169	0,197	0,218	0,167	0,214
Mínimo	0,730	0,880	1,190	0,960	0,720
Máximo	1,37	1,50	1,96	1,50	1,38
CV (%)	15,7	16,7	14,3	13,6	20,6

En la Tabla 3 se recogen los valores de huella de carbono obtenidos para el total de explotaciones con las diferentes metodologías propuestas.

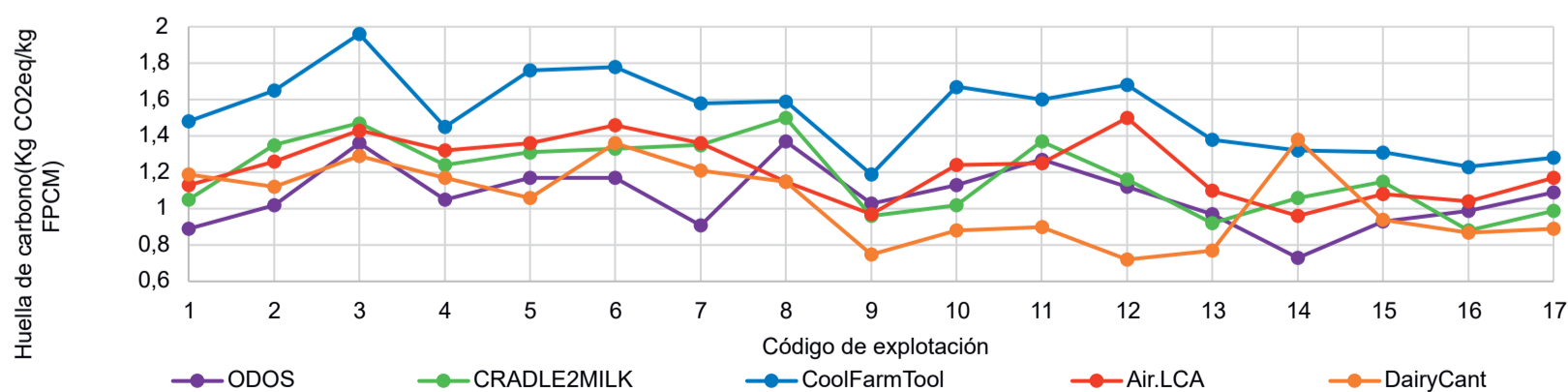
Se observa una diferencia clara entre las herramientas que generan estimaciones más altas y las más bajas. CoolFarmTool presenta la media más elevada (1,52 kg CO₂eq/kg FPCM), mientras que DairyCant muestra la media más baja (1,04 kg CO₂eq/kg FPCM). La diferencia entre ambas es de 0,48 kg CO₂eq/kg FPCM, lo que supone aproximadamente un 46 % más respecto al valor inferior. La comparación entre media y mediana muestra que en general las distribuciones son simétricas y bastante equilibradas, sin valores muy extremos o atípicos (Tabla 2).

En cuanto a la variabilidad, DairyCant presenta el coeficiente de variación (CV) más alto (20,6%), lo que indica que es la herramienta que presenta mayor sensibilidad a las diferencias en-

tre explotaciones. Por el contrario, Air.LCA y CoolFarmTool presentan valores más bajos (13,6% y 14,3%, respectivamente) que indica resultados más homogéneos entre granjas (Tabla 2).

Los resultados muestran que las diferencias observadas entre metodologías no responden únicamente a variabilidad entre explotaciones, sino también a diferencias inherentes al propio método de cálculo de cada herramienta. A pesar de que todas las metodologías analizadas trabajan bajo un alcance similar y expresan los resultados en la misma unidad funcional, los valores obtenidos presentan diferencias tanto en términos de magnitud como de dispersión.

Aunque en general todas las herramientas siguen la misma tendencia y existe correlación entre los valores más altos y más bajos, las diferencias entre las estimaciones se duplican en algún caso. CoolFarmTool presenta de forma sistemática

**Figura 13.** Gráfica de tendencias y correlación de valores entre las 5 metodologías

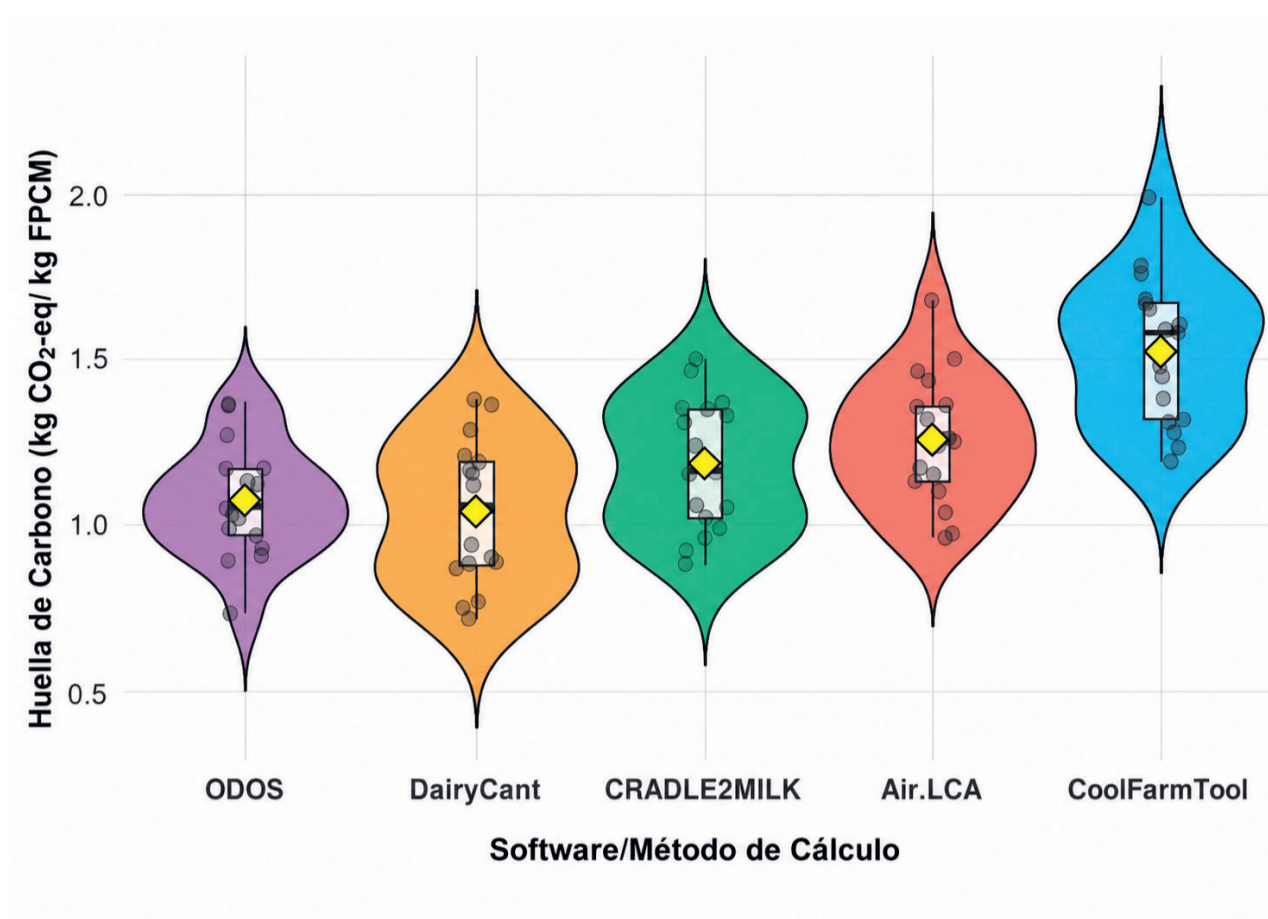


Figura 14. Representación gráfica de la distribución estadística de la huella de carbono según herramienta de cálculo.

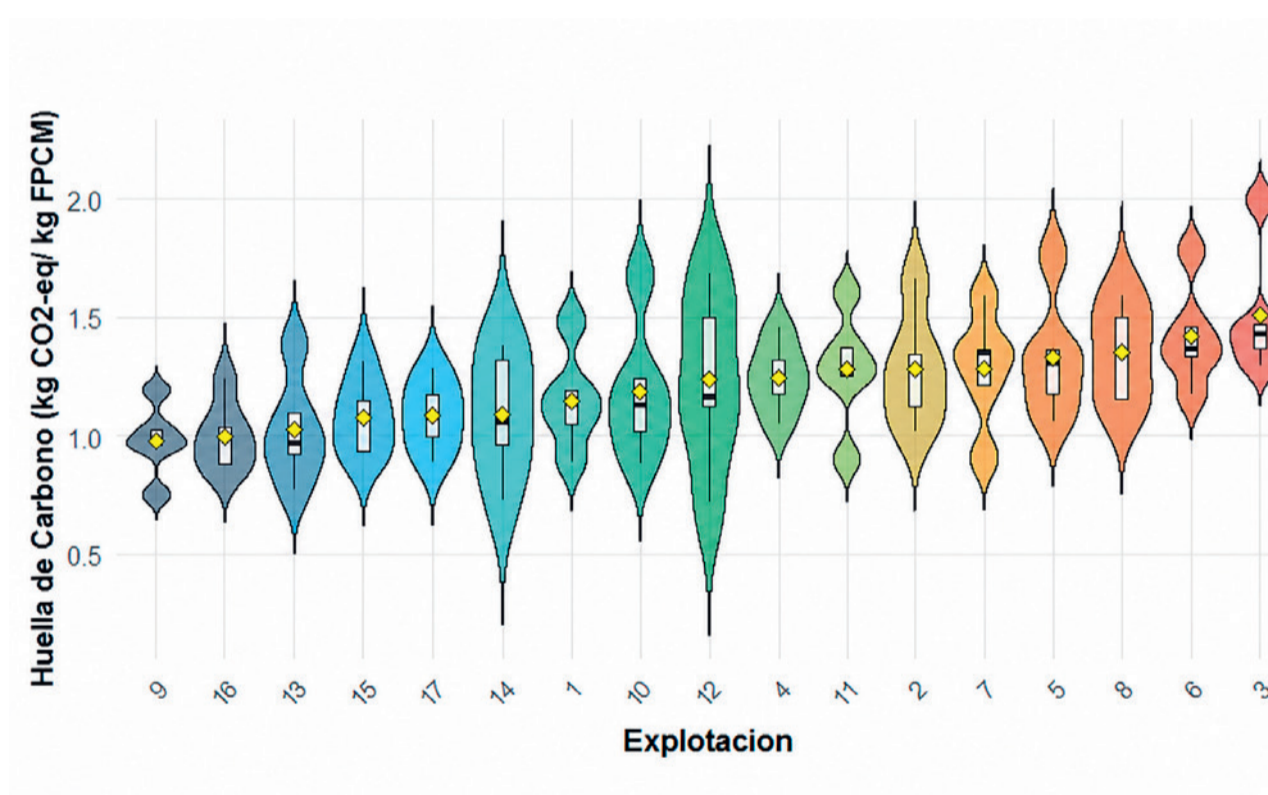


Figura 15. Representación gráfica de la distribución estadística de la huella de carbono según explotación.

los valores más elevados para la mayoría de las explotaciones, mientras que DairyCant y ODOS muestran estimaciones más bajas y relativamente agrupadas (Figura 13). Esta diferencia entre metodologías confirma la existencia de un **“efecto herramienta”**, es decir, un sesgo metodológico asociado al modelo de cálculo utilizado.

Este comportamiento se confirma con la distribución estadística de resultados, que evidencia diferencias claras entre herramientas tanto en la media como en la amplitud de los rangos (Figura 14). Aunque las distribuciones presentan en general una estructura simétrica, las diferencias entre medias alcanzan valores relevantes.

La diferencia de 0,48 kg CO₂eq/kg FPCM entre las medias de CoolFarmTool y DairyCant (la media más alta y más baja, respectivamente) supone una modificación directa y muy rele-

vante en la clasificación ambiental de determinadas explotaciones. Esto sugiere que las recomendaciones posteriores en base a las estrategias de mitigación también serán diferentes, por lo menos en lo que respecta al grado de aplicación.

Por otro lado, la dispersión entre metodologías no es uniforme para todas las explotaciones (Figura 15). Algunas granjas mantienen posiciones relativamente estables independientemente de la herramienta utilizada, mientras que otras presentan una elevada variabilidad metodológica. Por ejemplo, la 9 o la 4 son explotaciones cuya huella varía poco entre los diferentes métodos, en comparación con casos como las explotaciones 14, 15 o 12 donde la variación es más del doble.

Las diferencias observadas entre herramientas no deben interpretarse únicamente como diferencias reales en las emisiones de las explotaciones, sino también el resultado de cómo cada

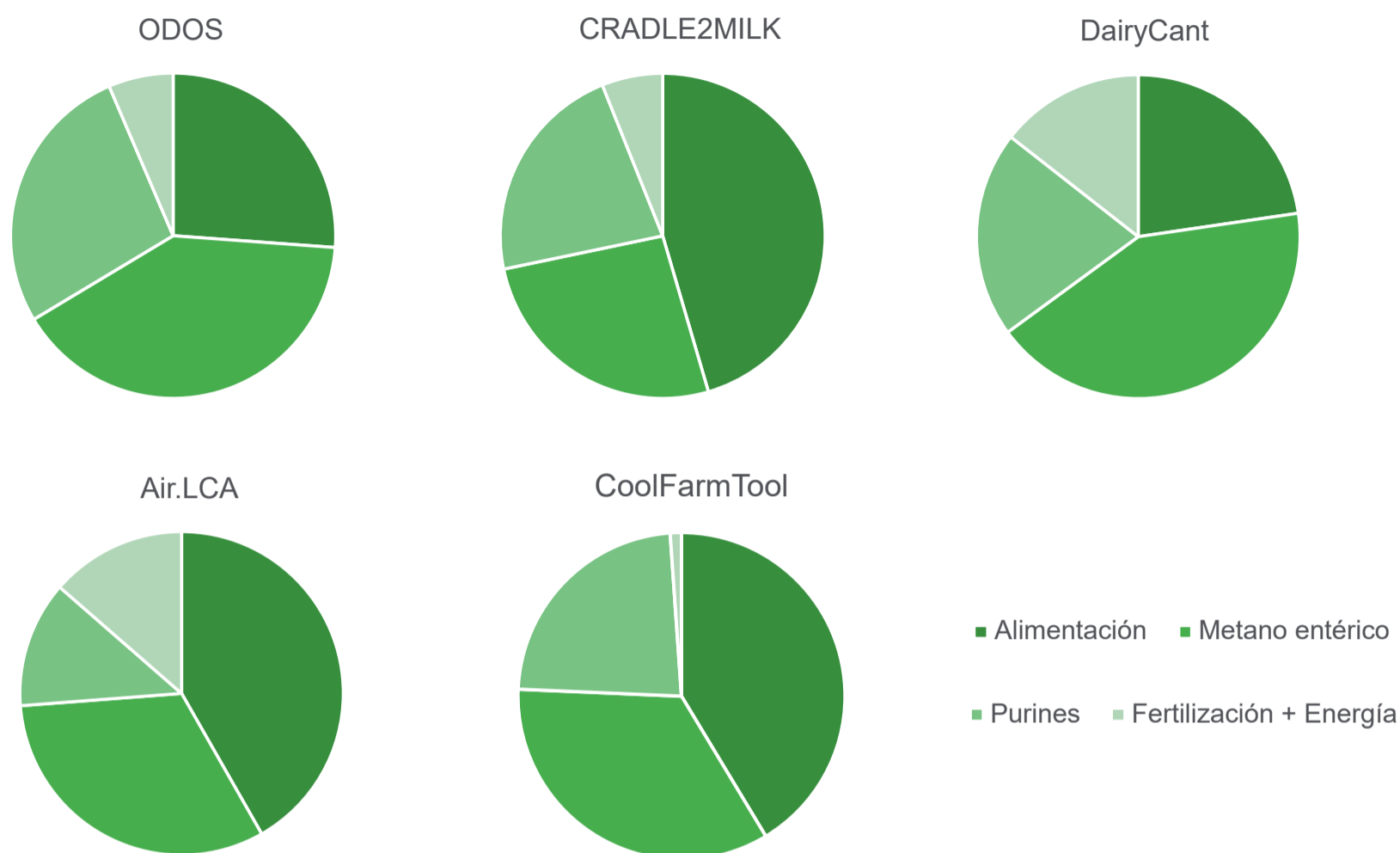


Figura 16. Contribución relativa (%) de cada categoría a la huella de carbono.

metodología define y distribuye las fuentes de emisión dentro de cada bloque. Aunque todas consideran los principales procesos asociados a la producción lechera (alimentación, fermentación entérica, manejo de purines y fertilización mineral), la contribución de cada categoría no es igual. En términos generales, el metano entérico y la alimentación representan los principales focos de emisión en todas las metodologías, aunque con pesos diferentes según el nivel de detalle y la agrupación utilizada. En **CRADLE2MILK**, el bloque de alimentación incluye principalmente piensos y forrajes adquiridos, incorporando las emisiones asociadas a su producción, procesado y transporte. En **CoolFarmTool**, este mismo bloque es más amplio, ya que integra tanto alimentos comprados como forrajes producidos en la explotación. Sin embargo, para la comparación gráfica, parte de las emisiones agrícolas asociadas a fertilización mineral y consumo energético se reagruparon dentro del bloque independiente de fertilización y energía, evitando duplicidades entre categorías. En el caso de **Air.e LCA**, esta distribución a nivel gráfico es todavía más evidente, el bloque de alimentación incluye únicamente piensos y forrajes comprados, mientras que el bloque de fertilización mineral y energía incorpora la producción de pasto, silo de maíz, silo de hierba, heno y los consumos energéticos asociados. Por ello, esta categoría adquiere un peso mucho mayor que en el resto de herramientas. Por otro lado, **ODOS** y **DairyCant** presentan un reparto más equilibrado entre los diferentes bloques, dando más peso al metano entérico y a los purines, debido a que parte de las emisiones agrícolas y de producción de alimento se contabilizan de forma más agregada en estos dos bloques. Además, DairyCant incorpora específicamente emisiones asociadas a soja, cambio indirecto de uso del suelo (iLUC) y secuestro de carbono, lo que intro-

duce diferencias adicionales en la distribución final de los bloques (Figura 16).

Los bloques con mayor contribución relativa, principalmente alimentación, fermentación entérica y manejo de deyecciones, son también aquellos con mayor potencial de reducción. Por ello, las estrategias de mitigación planteadas posteriormente se centran fundamentalmente en la optimización de la alimentación y formulación de raciones, la reducción de emisiones de metano entérico y la mejora del manejo y almacenamiento de purines, ya que son las áreas donde las distintas metodologías identifican el mayor margen de mejora ambiental.

El análisis demuestra que la elección de la metodología para el cálculo influye significativamente en el resultado final de la huella de carbono. Aunque las 5 herramientas de cálculo analizadas las mismas explotaciones generan valores, en la mayoría de los casos, muy diferentes. Esto indica que **existen diferencias metodológicas críticas** entre las herramientas, asociadas fundamentalmente a **los factores de emisión** utilizados, los **límites del sistema**, el tratamiento y peso de determinados **procesos productivos**, el número de **datos** primarios considerados para el cálculo y los inferidos de bases de datos. Mientras que algunas herramientas, como por ejemplo la herramienta de ODOS, emplean un número fijo y más limitado de datos (independientemente de los datos primarios de los que se disponga), otras utilizan un número más elevado, como por ejemplo el modelo CRADLE2MILK o CoolFarmTool, que pueden llegar a introducir más de 200 datos primarios. En este punto surge un gran interrogante: ¿qué es mejor, introducir el mayor número de datos posibles o identificar aquellos más relevantes

que explican el mayor porcentaje de la huella de carbono? Esta cuestión genera una polémica muy interesante y puede ser un buen punto de inflexión a la hora de definir criterios de cálculo generales y nuevas normativas. Si bien es cierto que siempre se ha defendido la cantidad y calidad de los datos primarios por encima de datos secundarios inferidos de bases de datos, la realidad es que a la hora de tomar esos datos y facilitar la comunicación con el ganadero no es lo mismo cubrir 20 campos que más de 200, y esto es un aspecto muy importante para tener en cuenta en el debate de simplificación burocrática y a la hora de valorar la carga laboral diaria de un ganadero.

Esto afecta en gran medida a la valoración ambiental y plan de descarbonización de determinadas explotaciones. Esta situación genera desconfianza y falta de credibilidad entre los ganaderos. Se les insiste y, en algunos casos, se les exige calcular su huella de carbono, pero no se les proporciona un método específico, y según con qué herramienta el resultado será muy diferente. Ante esta situación los ganaderos se sienten confundidos, lo que provoca una falta de compromiso que afecta directamente al comportamiento ambiental de la explotación, pero también en la cooperación y desempeño social. Es decir, la inestabilidad de las exigencias medioambientales y la falta de rigurosidad y armonización condiciona aspectos sociales críticos para la resiliencia del sector.

Entre cooperativas y transformadoras lácteas, actualmente no hay consenso de herramienta y cada una colabora con aquella que considera más conveniente o proporciona más beneficios de mercado a nivel individual. En este punto, también reclaman estandarización, ya que ellas son las que directamente reciben esas exigencias y deben trasladarlas a los ganaderos como alcance 3 de sus emisiones y foco prioritario de emisiones dentro de la cadena. La libertad de elección de metodología afecta a la posición y competencia de la cooperativa en el mercado, así como a la relación con sus ganaderos desde el punto de vista de asesoramiento y acompañamiento. Otros sectores sí cuentan con herramientas específicas (por ejemplo, «pesca en verde» de la USC), pero estas no están tan extendidas como ocurre en el sector lácteo, y es necesario encontrar una solución para que los ganaderos y las cooperativas tomen decisiones sabiendo qué consecuencias tienen.

4.1. Estrategias de mitigación- “innovación”

“La Innovación el fin último del sistema es crear soluciones reales y prácticas a los retos del sector agroalimentario y las comunidades rurales.”

Aunque las gráficas comparativas distribuyen las emisiones en bloques más generales, el análisis de las estrategias de mitigación propuestas por las distintas herramientas pone de manifiesto que muchas de estas medidas actúan simultáneamente sobre varios focos de emisión. Por este motivo, para la interpretación y discusión de las estrategias de reducción se optó por una clasificación basada en el mecanismo de mitigación, capacidad de adopción y madurez tecnológica.

La siguiente clasificación facilita una interpretación más integrada de las medidas propuestas y permite relacionar de forma clara los principales focos de emisión con las oportunidades reales de mitigación identificadas por las distintas me-



todologías. Cabe recordar que las propuestas de mejora que se listan a continuación para cada bloque son un resumen de las estrategias más repetidas y destacadas por parte de las diferentes herramientas y en base a los resultados obtenidos en el proyecto LAKTIS.

Las medidas no deben aplicarse de forma aislada, sino combinadas y adaptadas a cada explotación, una combinación ideal podría reducir la huella en torno al 50%.

4.1.1. Alimentación

Principales estrategias identificadas:

- Ajustar los niveles de proteína de la ración.
- Sustitución parcial de materias primas importadas de alta huella (por ejemplo, soja americana) por fuentes proteicas regionales.
- Reducir el aporte de fertilizante nitrogenado en los cultivos.

La optimización de la alimentación es una de las vías más eficaces y maduras para reducir las emisiones asociadas a la producción láctea. Destaca el ajuste proteína-energía de la dieta, ya que la reducción del exceso proteico puede disminuir un 15-35 % las emisiones de NH₃ y reducir entre un 3-11 % la huella de carbono cuando va acompañada de una menor dependencia de soja importada. En esta misma línea, la sustitución de materias primas importadas por proteínas regionales de proximidad presenta un elevado potencial de

mitigación, pudiendo alcanzar reducciones de entre un 7 -21 % sobre la huella total. Además, las estrategias de alimentación de precisión muestran efectos importantes al actuar simultáneamente sobre varios focos de emisión, permitiendo reducir aproximadamente un 15-20 % las emisiones de CH₄ y un 20-30 % las emisiones de N₂O y NH₃, alcanzando hasta un 13 % la huella de carbono global de la explotación. [15][16][17][18][19]

4.1.2. Metano entérico

Principales estrategias identificadas:

- Uso de inhibidores de metano entérico (3-NOP/Bovaer).
- Uso de optimizadores ruminales y aceites esenciales.
- Reducir el número de animales de recría si no existe intención de crecer o vender.
- Aumentar la vida productiva de las vacas adultas.

Las emisiones de CH₄ entérico constituyen uno de los principales focos de emisiones comunes a todas las metodologías. Entre las estrategias con mayor potencial destaca el uso de inhibidores de la metanogénesis, especialmente el 3-NOP, capaz de reducir alrededor de un 33% el CH₄ entérico y con un elevado nivel de madurez tecnológica TRL 9 (por sus siglas en inglés, Technology Readiness Level), aunque con un coste medio-alto. Otras medidas propuestas incluyen optimizadores ruminales y aceites esenciales orientados a mejorar la eficiencia fermentativa. [20] [21]

Caso de éxito: Pentabiol

Pentabiol es una empresa especializada en nutrición y salud animal basada en soluciones biotecnológicas y postbióticos. Su labor se enfoca en el desarrollo y validación de estrategias nutricionales innovadoras orientadas a la reducción del metano entérico mediante el uso de postbióticos, microorganismos y suplementos funcionales aplicados a vacuno lechero.

Dentro del proyecto SMARTZ4MILK participó en ensayos *in vitro* e *in vivo*, evaluando el efecto de postbióticos, espirulina y harina de larvas de mosca soldado-negra sobre la fermentación ruminal y las emisiones de CH₄.

Los resultados mostraron que la suplementación con postbióticos tiende a reducir las emisiones de metano medidas mediante GreenFeed™ (416 vs. 430 g CH₄/día), mientras que la espirulina presentó el comportamiento más favorable entre los aditivos evaluados para disminuir la síntesis ruminal de CH₄. Además, los suplementos ensayados mostraron una menor variabilidad en las emisiones respecto al tratamiento control, lo que apunta a un efecto estabilizador sobre la fermentación ruminal.[22]



APORTACIÓN EXPERTA: DAVID YAÑEZ RUIZ, INVESTIGADOR EN EL CENTRO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)

La distribución proporcional del total de emisiones (directas o indirectas) asociadas a la alimentación va a depender del tipo de sistema de producción. Las emisiones que ocurren en granja son generalmente superiores en los sistemas que incluyen pastoreo, mientras que en sistemas estabulados en los que los insumos externos son altos, aumentan proporcionalmente aquellas que provienen de fuera de la explotación. En cualquier caso, de los estudios llevados a cabo en sistemas estabulados y con pastoreo se desprende que el metano entérico, la compra de alimentos y el manejo del purín son las fuentes que representan más del 80 % de las emisiones

En las actuaciones a llevar a cabo en la alimentación del ganado lechero, podemos considerar cuatro grupos principales, tres encaminadas a reducir las emisiones directas: i) calidad de la ración, ii) modulación de la microbiota ruminal mediante aditivos nutricionales, iii) ajuste de las necesidades de N; y una para disminuir las indirectas: iv) incorporación de alimentos alternativos/subproductos con una huella de carbono asociada reducida.

Además, el proyecto permitió validar metodologías avanzadas de monitorización de metano entérico, concluyendo que el sistema GreenFeed™ proporciona mediciones más precisas frente a sensores láser o sistemas *sniffer*.

4.1.3. Gestión de deyecciones

Principales estrategias identificadas:

- Mejora del almacenamiento de purines mediante cubiertas o fosas estancas.
- Digestión anaerobia del purín.
- Uso de inhibidores de nitrificación y ureasa.
- Mejora del almacenamiento de estiércol sólido.

Las medidas asociadas al manejo de purines y estiércoles buscan reducir principalmente emisiones de CH₄ y NH₃ durante almacenamiento y aplicación. Entre las estrategias con mayor potencial destacan las cubiertas de balsas y tanques y la digestión anaerobia, pudiendo esta última reducir hasta un 90% las emisiones de CH₄ asociadas al purín. Además, muchas de estas medidas presentan una elevada alineación con las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y un alto grado de madurez tecnológica.[23][24]

Caso de éxito: Entomo Agroindustrial

Entomo Agroindustrial es una empresa biotecnológica especializada en el aprovechamiento de insectos para la valorización de residuos orgánicos y el desarrollo de soluciones circulares aplicadas al sector agroganadero.

La entidad desarrolló un sistema piloto basado en el uso de larvas de insectos para el tratamiento y valorización de purines ganaderos, integrando economía circular y reducción del impacto ambiental. El sistema, diseñado para procesar hasta 150.000 kg de purín en seis meses, aborda problemas asociados al almacenamiento de purines como emisiones de CH₄ y CO₂, y elevada carga orgánica. Para estabilizar el proceso se incorporaron subproductos como pulpa de tomate y alperujo, logrando los primeros resultados positivos y estimándose una reducción aproximada del 50% del volumen de purín tratado.[25]

4.1.4. Manejo ganadero

Principales estrategias identificadas:

- Reducción de recría innecesaria y del número de animales improductivos.
- Mejorar la fertilidad y longevidad de las vacas
- Optimización de la relación entre producción de leche y consumo de alimento (eficiencia productiva).

El incremento de la longevidad y productividad, y la reducción de la tasa de reemplazo permiten disminuir hasta un 19% las emisiones de CH₄ asociadas al rebaño y generar reducciones cercanas al 5% sobre la huella total. Además, medidas asociadas a bienestar, salud y eficiencia reproductiva presentan elevados niveles de adopción y compatibilidad con otras estrategias de sostenibilidad implementadas en las explotaciones.[26][27][28]

Caso de éxito: Innogando

Innogando SL, es una empresa tecnológica que desarrolla una estrategia de mitigación basada en la digitalización del manejo ganadero mediante sensores IoT (por sus siglas en inglés, Internet of Things) y análisis de datos aplicados a reproducción, salud, rumia, actividad y aprovechamiento del pasto. Herramientas como RUMI y RUMIPRO permiten actuar sobre factores que aumentan la intensidad de emisiones, como problemas reproductivos, menor eficiencia alimentaria o presencia de animales improductivos.

Entre sus principales beneficios destacan la detección temprana de enfermedades y celos, la optimización del uso del alimento y una toma de decisiones basada en datos objetivos. La tecnología presenta un elevado grado de madurez y ya se aplica comercialmente en más de 30.000 animales monitorizados.



APORTACIÓN EXPERTA: LETICIA REGUEIRO ABELLEIRA, DIRECTORA DE SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR EN MEDRAR INNOVATION OFFICE

Digestión anaerobia de deyecciones: mitigación, energía y resiliencia para la explotación:

La digestión anaerobia de deyecciones ganaderas no debe entenderse únicamente como una tecnología para reducir emisiones, sino como una herramienta de gestión integral de la explotación. Su valor diferencial está en cambiar la ruta del carbono biodegradable del purín, en lugar de dejar que parte de ese carbono se transforme en metano de forma difusa durante el almacenamiento, lo conduce hacia un proceso controlado, donde el biogás puede capturarse y utilizarse como energía renovable. Además, a diferencia de otras soluciones, la digestión anaerobia no elimina el valor agronómico del purín. Los nutrientes principales permanecen en el digestato, que puede reincorporarse al suelo como fertilizante orgánico, ayudando a reducir la dependencia de fertilizantes minerales si se gestiona con planificación agronómica, control de pérdidas y balance de nutrientes. Al mismo tiempo, el biogás aporta una energía renovable gestionable y continua, menos dependiente de la variabilidad climática que alternativas como la solar.

Por ello, aunque la inversión inicial pueda percibirse como elevada, su análisis no debería limitarse al CAPEX, ya que debe valorarse como solicitan los ganaderos en términos de capacidad para reducir riesgos estructurales, como pueden ser la volatilidad del precio de la energía, dependencia de insumos nitrogenados externos, presión normativa sobre purines y metano, olores, además de lo que se alinea con esta guía que es la necesidad creciente de acreditar reducciones verificables de huella de carbono.

4.1.5. Gestión agronómica y usos del suelo

Principales estrategias identificadas:

- Reducción y optimización de la fertilización mineral.
- Mejora del aprovechamiento de fertilizantes orgánicos (por ejemplo, aplicación del purín con nuevas técnicas).
- Incorporación de leguminosas en praderas y rotaciones.

Entre las medidas más destacadas se encuentran la optimización de la fertilización nitrogenada, la incorporación de leguminosas y la mejora de la eficiencia energética. Asimismo, la aplicación de purines mediante inyección puede reducir hasta un 80% las emisiones de NH₃ respecto a sistemas convencionales. [29][30][31]



5.

Necesidades reales como mensaje unitario del sector – “Sistema”

“El **Sistema**: es esencial conectar a las personas en ecosistemas de conocimiento e innovación donde el conocimiento sea cocreado, usado y compartido ampliamente.”

A. Marco normativo: dificultades para adaptarse a la normativa existente, ¿qué debería tener en cuenta?

El sector considera que una normativa útil para el sector debería cumplir las siguientes condiciones:

1. Comprensión y accesibilidad: información clara, asesoramiento y herramientas prácticas y adaptadas al perfil de las explotaciones.
2. Menor carga burocrática y obstaculización administrativa.
3. Ser proporcional en plazos y exigencias: evitando cambios repentinos o tiempos de adaptación insuficientes.
4. Sensibilidad y adaptación a nivel territorial y tipológico: distinguiendo entre modelos de granja, disponibilidad de superficie y realidades regionales.
5. Estar acompañada de incentivos, compensaciones o apoyos económicos que hagan viable su cumplimiento.
6. Construcción con mayor participación del propio sector: evitando trasladar toda la carga de responsabilidad al productor.

“La **Innovación** el fin último del sistema es crear soluciones reales y prácticas a los retos del sector agroalimentario y las comunidades rurales.”

Las respuestas reflejaron **una falta de concordancia y distancia entre el diseño normativo y la realidad del ganadero**, reclamando una mayor escucha del sector, así como el reconocimiento de las buenas prácticas ya existentes.

B. Financiación y apoyo económico: ¿qué tipo de apoyo económico se necesita para fortalecer el sector?

Entre las principales necesidades detectadas en este apartado destaca la demanda de ayudas directas a inversión e incentivos económicos ligados al desempeño. El sector percibe que la transición hacia modelos más sostenibles exige inversión real que no siempre genera un retorno inmediato. Además, se exige un modelo de financiación donde el esfuerzo del ganadero se reconozca, se cuantifique y se premie. **No basta con obligar, hay que incentivar y compensar.**

De forma complementaria, se destacó la importancia de financiar la formación, el asesoramiento continuo y la capacitación del personal, al entender que la competitividad futura del sector depende tanto de los recursos materiales como del capital humano. La innovación y digitalización, así como la introducción de nuevas estrategias y prácticas agrícolas, modifican íntegramente el modelo y estrategia de negocio de una explotación, y los productores deben estar preparados para agilizar y garantizar la transición. Esta formación debe ser complementaria a un asesoramiento técnico, especializado y personalizado para cada explotación, que debe ser el eje prioritario en cuanto a conocimiento para la toma de decisiones. Además del soporte económico, se ha hecho hincapié en la necesidad de un reequilibrio de la cadena y precio justo, es decir, los productores entienden que el fortalecimiento del sector no depende solo de subvenciones, sino de un reparto genuino del valor dentro de la cadena alimentaria.



El apoyo económico que demanda el sector debe llegar al ganadero mediante ayudas directas, útiles y verificables y no diluidas en burocracia o medidas poco aterrizadas a la explotación. el fortalecimiento del sector no depende solo de subvenciones, sino de un reparto genuino del valor dentro de la cadena alimentaria.

C. Otras funciones de apoyo: ¿qué otras funciones debería considerar para el acompañamiento hacia una transición sostenible del sector?

Con esta cuestión se pretende abordar otros aspectos no directamente vinculados al soporte financiero, pero imprescindibles de cara a asegurar la continuidad y competitividad del sector. En este apartado se refuerzan con mayor insistencia otros puntos comentados con anterioridad como la necesidad de acompañamiento técnico, formación práctica y accesible o simplificación burocrática y administrativa.

Muchas de las respuestas obtenidas se han enfocado en la fragmentación y diferenciación metodológica entre herramientas, no sólo a nivel de registro de datos sino también en lo que concierne al análisis de impactos ambientales. Se reclama una única plataforma compartida y más intuitiva, con una metodología clara y fiel a la idiosincrasia de las explotaciones de la región. Esto refuerza la idea de que el proyecto Laktis ha sido diseñado para responder a las necesidades reales del sector conectándolas a través de jornadas trazadas estratégicamente para que el flujo de conocimiento permitiera establecer las bases para la creación de un modelo de herramienta de registro y cálculo de huellas e impactos ambientales, estandarizada y adaptada a la casuística de la cornisa cantábrica.

Por otro lado, la proximidad y cercanía institucional es una de las demandas que más destaca. El sector valora notablemente la existencia de una interfaz humana y territorial que permita resolver dudas, orientar decisiones y acompañar procesos.

Esto encaja con el enfoque del proyecto LAKTIS de acercar el conocimiento a las zonas productoras, y no al revés, además de apoyarse en redes de asesores y en la implicación de cooperativas y entidades tractoras.

Las cooperativas se consideran agentes clave del acompañamiento. Muchos ganaderos resaltan que el acompañamiento eficaz no tiene por qué pasar siempre por la relación directa y aislada entre administración y productor, puede y debe apoyarse en **estructuras intermedias de confianza**, como las cooperativas.

Por último, la mención a la dimensión social y reputacional es clave, la transición sostenible no se entiende sólo como una transformación técnica, sino también como un proceso que debe ir acompañado de visibilidad y reconocimiento social.

El sector no demanda únicamente refuerzo o apoyo económico, sino una estructura estable de acompañamiento práctico y cercano, destacando la figura de las cooperativas como agentes clave.



6.

Conclusión

De acuerdo a los resultados y al conocimiento aportado y generado a cerca de la situación actual del sector ganadero lácteo en Galicia y Asturias, se proponen a continuación recomendaciones a los policy makers:

- **Establecer una metodología oficial, estandarizada y adaptada a la realidad de las explotaciones.**

Los resultados obtenidos muestran que una misma explotación puede presentar diferencias cercanas al 50 % en su huella de carbono dependiendo exclusivamente de la herramienta empleada. Esta situación genera una importante inseguridad técnica y regulatoria para el sector ganadero, especialmente en un contexto en el que las exigencias vinculadas a sostenibilidad, reporting climático y reducción de emisiones son cada vez mayores.

Actualmente existen múltiples herramientas de cálculo (públicas, privadas, generales, sectoriales) con enfoques metodológicos muy distintos y sin criterios armonizados. Esto provoca que muchos ganaderos perciban el cálculo de huella como un proceso complejo, poco transparente y alejado de la realidad productiva de sus explotaciones. Además, la coexistencia de metodologías tan diversas interviene en la competencia y posicionamiento de las cooperativas y transformadoras lácteas, según su elección.

Definir criterios metodológicos no implica establecer una única herramienta. Las diferentes herramientas existentes en el mercado pueden y deben convivir pero utilizando un marco metodológico de referencia para el sector lácteo, en cuanto a bases de datos, límites de cálculo, factores de emisión y criterios de exclusión e inclusión, entre otros. Es muy importante que los criterios de cálculo reflejen las particularidades de los sistemas productivos atlánticos, especialmente en alimentación, manejo del purín y producción forrajera.

- **Mejorar la coordinación institucional**

El actual marco normativo institucional relacionado con emisiones ganaderas se encuentra fragmentado entre distintos niveles administrativos y herramientas. Mientras el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO) impulsa políticas climáticas generales, registros de huella y compromisos de reducción de emisiones, el MAPA desarrolla herramientas como ECOGAN vinculadas al seguimiento ambiental por sectores. Paralelamente, cooperativas, industrias, certificadoras y proyectos europeos utilizan metodologías según criterio propio.

Como consecuencia se percibe un aumento de requerimientos ambientales sin una orientación clara sobre qué enfoque metodológico utilizar y que criterios adoptar. Esta falta de alineamiento genera incertidumbre, desconfianza y una creciente sensación de desconexión entre las exigencias regulatorias y la realidad de las explotaciones. Además, hace que el cálculo de huella de carbono, y en general las cuestiones medioambientales, lejos de verse como una herramienta útil para mejorar la eficiencia, son una obligación administrativa más.

- **Diseñar políticas climáticas que prioricen la mejora continua y no únicamente la comparación de valores absolutos**

Utilizar valores absolutos de huella de carbono como único criterio para diseñar un plan de descarbonización y establecer las estrategias de reducción pertinentes, o como base de referencia para ayudas, certificaciones o requisitos regulatorios puede generar situaciones injustas y sin fundamento técnico.

Esta cuestión es especialmente sensible en sistemas ganaderos de la cornisa cantábrica, donde factores como las condiciones edafoclimáticas, la biodiversidad, la calidad de los forrajes, el manejo de las deyecciones, el laboreo de las tierras agrícolas... hacen que el modelo productivo sea único y no se analice fielmente. Las futuras políticas públicas deberían priorizar enfoques de mejora continua más que comparaciones entre explotaciones.

REFERENCIAS

Organización Interprofesional Láctea (InLac). (2024). *Hoja de ruta para un sector lácteo económica, social y medioambientalmente sostenible*. https://inlac.es/wp-content/uploads/2024/07/2024_INLAC_Hoja_de_ruta_sostenibilidad.pdf

- [1] Bach, M., Loy, L., Mach, K. J., Shukla McDermid, S., & Jacquet, J. (2026). Environmental claims, climate promises, and ‘greenwashing’ by meat and dairy companies. *PLOS Climate*, 5(4), e0000773. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000773>
- [2] Majerczyk, M. (2025, octubre). *La Estrategia «De la Granja a la Mesa»*. Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/293547/la-estrategia-de-la-granja-a-la-mesa>
- [3] European Commission. (s. f.). *Biodiversity strategy for 2030*. https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en
- [4] Plataforma AKIS. (s. f.). *¿Qué es el SCIA-AKIS?* <https://akisplataforma.es/que-es-el-scia-akis>
- [5] Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- [6] Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., III, Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. A. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2), Article 32. <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>
- [7] Oñate, J. J., Acebes, P., & Olea, P. P. (2023). Aprender del pasado para afrontar el futuro. Desafíos ambientales de la agricultura española en el siglo XXI: Una mirada desde el legado de Fernando González Bernáldez. *Ecosistemas*, 32(especial), 2495. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2495>
- [8] Díaz-Fierros Viqueira, F. (2024). Os “límites planetarios” en Galicia: Cambios de usos na terra, consumos de auga, nitróxeno e fósforo. *Recursos Rurais*, 20, 21–28. <https://doi.org/10.15304/rr.id10048>
- [9] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2026, marzo). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/inventario-gases-efecto-invernadero.html>
- [10] Bulletin of the International Dairy Federation (IDF). The IDF global Carbon Footprint standard for the dairy sector, 2022.
- [11] Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. (2011). *Huella hídrica de España*. <https://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta%20publica/PHC-2015-2021/ReferenciasBibliograficas/UsosdelAgu/MARM,2011c.Huella%20hidrica%20de%20Espana%5B1%5D.pdf>
- [12] European Commission. (s. f.). *Biodiversity*. https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/sustainability/environmental-sustainability/biodiversity_en
- [13] Agencia Europea de Medio Ambiente. (2020). Señales de la AEMA 2021: *La naturaleza de Europa*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://doi.org/10.2800/957057>
- [14] Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2025). *Estructura del sector vacuno lechero en España y en la Unión Europea: 2020–2024*. <https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos-2/vacuno-lechero/informacion-del-sector/informes-de-interes/documentacion-nueva-web/estructura-sector-vacuno-lechero-2020-2024.pdf>
- [15] Arriaga, H., Salcedo, G., Calsamiglia, S., & Merino, P. (2010). Effect of diet manipulation in dairy cow N balance and nitrogen oxides emissions from grasslands in northern Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135, 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.09.007>
- [16] Wilkinson, J. M., & Garnsworthy, P. C. (2017). Dietary options to reduce the environmental impact of milk production. *The Journal of Agricultural Science*, 155(2), 334–347. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000757>

[17] de Boer, H. C., van Krimpen, M. M., Blonk, H., & Tyszler, M. (2014). *Replacement of soybean meal in compound feed by European protein sources: Effects on carbon footprint* (Livestock Research Report 819). Wageningen UR Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/324258>

[18] Chase, L. E., & Fortina, R. (2023). Environmental and economic responses to precision feed management in dairy cattle diets. *Agriculture*, 13(5), Article 1032. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051032>

[19] Piccioli-Cappelli, F., Calegari, F., Calamari, L., Bani, P., & Minuti, A. (2019). Application of a NIR device for precision feeding in dairy farms: Effect on metabolic conditions and milk production. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 754–765. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1570829>

[20] Zhang, C., Jiang, X., Wu, S., Zhang, J., Wang, Y., Li, Z., & Yao, J. (2024). Dietary fat and carbohydrate-balancing the lactation performance and methane emissions in the dairy cow industry: A meta-analysis. *Animal Nutrition*, 17, 347–357. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.02.004>

[21] Xie, X., Cao, Y., Li, Q., Li, Q., Yang, X., Wang, R., Zhang, X., Tan, Z., Lin, B., & Wang, M. (2025). Mitigating enteric methane emissions: An overview of methanogenesis, inhibitors and future prospects. *Animal Nutrition*, 21, 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2025.02.001>

[22] Smartz4Milk. (s. f.). *Home*. <https://smartz4milk.es/>

[23] Kupper, T., Häni, C., Neftel, A., Kincaid, C., Bühler, M., Amon, B., & VanderZaag, A. (2020). Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 300, Article 106963. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106963>

[24] United Nations Economic Commission for Europe. (2015). *Framework code for good agricultural practice for reducing ammonia emissions* (ECE/EB.AIR/129). https://unece.org/DAM/env/documents/2015/AIR/EB/ECE_EB.AIR_129_ENG.pdf

[25] Insectpur. (s. f.). *Sistema de procesamiento del purín por medio de insectos, generando materias primas de valor e impulsando la economía circular*. <https://goinsectpur.com/>

[26] Grandl, F., Furger, M., Kreuzer, M., & Zehetmeier, M. (2019). Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. *Animal*, 13(1), 198–208. <https://doi.org/10.1017/S175173111800112X>

[27] Vellinga, T. V., & de Vries, M. (2018). Effectiveness of climate change mitigation options considering the amount of meat produced in dairy systems. *Agricultural Systems*, 162, 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.026>

[28] Benavides, R. A. M., Guerrero, H. S., Ceballos, J. R. U., & Atzori, A. S. (2016). Efecto de la edad al primer parto y los días abiertos en un bovino doble propósito sobre la huella hídrica y de carbono. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(2), 107–119. <https://doi.org/10.22490/21456453.1561>

[29] Bittman, S., Dedina, M., Howard, C. M., Oenema, O., & Sutton, M. A. (Eds.). (2014). *Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*. NERC/Centre for Ecology & Hydrology. <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/510206/>

[30] Ditzler, L., van Apeldoorn, D. F., Pellegrini, F., Antichi, D., Bàrberi, P., & Rossing, W. A. H. (2021). Current research on the ecosystem service potential of legume inclusive cropping systems in Europe: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, Article 26. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00678-z>

[31] Klimczyk, M., Siczek, A., & Schimmelpfennig, L. (2021). Improving the efficiency of urea-based fertilization leading to reduction in ammonia emission. *Science of the Total Environment*, 771, Article 145483. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145483>



Cofinanciado por
la Unión Europea



El proyecto LAKTIS (REGAGE24e00071667711) ha sido beneficiario de una ayuda para el intercambio de conocimientos y actividades de formación e información de ámbito supraautonómico, destinadas al sector agroalimentario y forestal, en el marco del Plan Estratégico de la Política Agraria Común (PEPAC) 2023-2027. Esta ayuda está cofinanciada al 43 % por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y al 57 % por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El montante total de la ayuda asciende a 324.624,80 €.