



Estrategia de descarbonización del vacuno de leche *en España*

BAJO LA COORDINACIÓN DE:



CON LA PARTICIPACIÓN DE:



Contenido

| | | |
|------|--|------|
| / #A | Resumen ejecutivo | _7 |
| / #B | Prólogo: Elo / BLab Spain / Danone | _11 |
| / 01 | La necesidad de dar sostenibilidad al sector lácteo | _19 |
| / 02 | Estructura productiva y socioeconómica de las explotaciones de vacuno de leche en España | _27 |
| / 03 | La industria ganadera y láctea frente a la estrategia global de reducción de GEI y la información al consumidor | _35 |
| / 04 | Herramienta de medición homogénea que permita la comparación dentro del sector lácteo | _43 |
| / 05 | La medición del Impacto del CO ₂ de la leche en comparación con su aporte nutricional como palanca de diferenciación | _51 |
| / 06 | Los alojamientos y la infraestructura, como clave para la reducción de emisiones y la sostenibilidad | _59 |
| / 07 | Estrategias alimentarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en vacuno de leche | _69 |
| / 08 | El manejo de los animales: reducción de impacto ambiental mediante la mejora en eficiencia y bienestar animal | _81 |
| / 09 | La utilización del estiércol y el purín en campo | _91 |
| / 10 | Secuestro de carbono en el suelo como medida para la descarbonización del sector agrario: el caso de la agricultura regenerativa | _97 |
| / 11 | El papel del pastoreo como herramienta de sostenibilidad de la producción de leche de vaca | _107 |



| | | |
|------|--|------|
| / 12 | El manejo de los pastos y los forrajes como estrategia de reducción de impactos | _115 |
| / 13 | Potencial de suplementos y aditivos para la reducción de metano entérico en rumiantes | _125 |
| / 14 | Estrategia de descarbonización e innovación ambiental para la transición sostenible del sector de vacuno lechero | _135 |
| / 15 | La importancia del relevo generacional como uno de los grandes retos del sector lechero vacuno español | _145 |
| / 16 | La ganadería como palanca de dinamización del medio rural | _151 |
| / 17 | Finanzas sostenibles, un instrumento para la transición de la producción ganadera | _157 |
| / 18 | La sostenibilidad del mercado de la leche en España | _169 |
| / 19 | La visión de los ganaderos Ganadería Simval / Ganadería Llano de Tinajeros / Ganadería More Holstein | _179 |
| / #C | Conclusiones finales | _197 |
| / #D | Cuadro resumen de las estrategias de descarbonización y sostenibilidad | _211 |
| / #E | Recomendaciones | _219 |
| / #F | Bibliografía | _227 |
| / #G | Acrónimos | _237 |





En un contexto global, donde las preocupaciones medioambientales ocupan un lugar destacado en la agenda, el ecosistema de la producción láctea es consciente de la necesidad de emprender un proceso de transformación. Reconoce la importancia que tiene en términos nutricionales, sociales y económicos, y esta toma de conciencia la impulsa a buscar la sostenibilidad, la transparencia y la honestidad en cada uno de sus pasos. El sector ha asumido su responsabilidad, comprometiéndose para avanzar hacia un futuro en el que pueda coexistir en armonía con el entorno que la rodea, contribuyendo así al bienestar de la sociedad y a la preservación del planeta que compartimos.

Por este motivo, el sector lácteo español, como parte integral del sistema alimentario, debe abordar con urgencia un proceso de reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero. Este proceso debe estar alineado con los objetivos globales y las políticas de la UE



Resumen ejecutivo

El informe de descarbonización del sector lácteo es una iniciativa impulsada por Danone, bajo la coordinación de Lainez Biotrends SA y con la **colaboración de autores** de los principales organismos de **referencia en materia de cambio climático en el ámbito agroganadero**, tales como AEAC.SV, AGACAL-CIAM, Alma Natura, BC3, CAJAMAR, CSIC, ECAF, IFAPA, IRTA, NEIKER, SERIDA, TriCiclos, UB, UCO, UNIZAR, UPV, USC y Vivaces.

Esta decisión se adopta con el **objetivo de sensibilizar y dinamizar a todos los actores involucrados e impulsar la transición hacia modelos de producción más sostenibles**. Se sustenta sobre la necesidad de afrontar el cambio climático y reducir las emisiones de CO₂ en el sector ganadero, manteniendo la producción de alimentos sin rebasar los límites planetarios, ya que la salud de nuestro planeta y la equidad social dependen de mantener un equilibrio en la explotación de recursos naturales.

En línea con las prioridades globales de sostenibilidad y mitigación del cambio climático, el informe busca **ser una referencia completa y basada en evidencias científicas que inspire y guíe políticas públicas y cambios para una transición hacia un sector lácteo más sostenible**. Se espera que sea una fuente confiable de información respaldada por personas expertas independientes, motivando acciones concretas y una transformación positiva en la industria láctea para beneficio del medio ambiente y la seguridad alimentaria.

La estructura del informe se organiza en bloques. **El primero** se centra en **justificar la necesidad de actuar en el sector del vacuno de leche español** en la reducción de emisiones de GEI. Además de los prólogos, que recogen esa urgencia, se cuenta con la visión de una organización internacional y la de la perspectiva de la legislación europea y española. Todo ello, considerando el contexto actual del sector. **El segundo bloque** aborda un elemento esencial,

la medición de la huella ambiental y las herramientas disponibles, tanto para realizar el cálculo como para comparar. **El tercero** es el más amplio, al incorporar las opciones tecnológicas para reducir las emisiones y, especialmente, promover el secuestro de carbono asociado a un nuevo modelo de producción agraria. **El cuarto** vuelve a los aspectos socioeconómicos en los que se aborda el relevo generacional, el papel de la producción en el medio rural, la situación económica o el entorno financiero ligado a la descarbonización. **El último bloque** incluye tanto la visión de un grupo de ganaderos, de diferentes modelos productivos, como unas conclusiones del trabajo, un resumen de medidas y unas recomendaciones finales.

El informe cuenta con autores de diferentes ámbitos. Los autores de los primeros capítulos representan organizaciones en producción de alimentos y sostenibilidad, además de ser expertos en los temas tratados. En los siguientes capítulos han participado personas expertas del mundo de la investigación del sector lácteo, provenientes de universidades y centros de investigación. En

el último bloque han participado científicos, técnicos y expertos nacionales con amplio conocimiento del sector lácteo y del entorno rural. El trabajo de redacción se llevó a cabo en los meses de mayo y junio de 2023.

El informe analiza la estructura productiva de las explotaciones de vacuno de leche en España, señalando una tendencia hacia la concentración en granjas pequeñas debido al envejecimiento y la falta de sucesión. La participación significativa de las mujeres en la mano de obra es notable. Además, se destaca la relación entre la producción de alimentos y el cambio climático, instando a la reducción de emisiones en toda la cadena de valor. Se hace hincapié en las estrategias de la Unión Europea y en medidas para mejorar el rendimiento ambiental y optimizar el uso de recursos.

En los primeros capítulos se recoge la necesidad de una herramienta uniforme para medir las emisiones en el sector lácteo español, recomendando su adaptación a los modelos de producción locales. Se propone

**EL ECOSISTEMA DE LA
PRODUCCIÓN LÁCTEA
ES CONSCIENTE
DE LA NECESIDAD
DE EMPRENDER
UN PROCESO DE
TRANSFORMACIÓN**



evaluar el **impacto del CO₂** de la leche en **relación con su contenido nutricional**. Se resalta la gestión adecuada de los residuos en las granjas como una oportunidad para la descarbonización, con enfoques como **el compostaje, la digestión anaeróbica y el uso de energías renovables**. También se aborda el papel de la alimentación en la mitigación del cambio climático en el ganado lechero, **promoviendo una mayor digestibilidad y el uso de fuentes proteicas locales**. Además, se explora el **uso de aditivos** como herramienta para la descarbonización.

Se destaca el papel clave del vacuno lechero en la sostenibilidad económica, social y ambiental de las zonas rurales, presentando estrategias eficientes. Se pone énfasis en medidas de bajo costo para reducir las emisiones en la cadena de producción láctea, abogando por la **conexión entre la ganadería y la agricultura**. Se resalta la importancia del secuestro de carbono en el suelo y la **agricultura regenerativa**, así como el papel del pastoreo como herramienta para una mayor sostenibilidad. También se aborda el manejo de pastos como estrategia de descarbonización.

El informe subraya el reto del **relevo generacional** y el apoyo a las empresas familiares, reconociendo el papel fundamental de la ganadería en el medio rural. Además, se enfoca en las **finanzas sostenibles y su papel en la transformación efectiva** del modelo productivo en la industria láctea. Se analiza el **mercado de la leche en España, donde la producción ha aumentado en años recientes** y se resalta la necesidad de garantizar precios justos para asegurar la sostenibilidad futura del sector. También se recoge la visión de los **ganaderos** sobre la sostenibilidad y las regulaciones ambientales, reconociendo tanto las **medidas implementadas para reducir la huella ambiental** como las preocupaciones sobre la rapidez de la implementación de nuevas regulaciones rigurosas. En conclusión, el informe aboga por una alimentación segura y sostenible, promoviendo herramientas de medición y apoyando el relevo generacional y las explotaciones familiares.

El informe también presenta un cuadro resumen con estrategias de descarbonización y sostenibilidad, agrupadas en la **gestión de alimentos, control de emisiones en el alojamiento del ganado, almacenamiento y utilización de deyecciones, y manejo de pastos y cultivos**. En definitiva, el estudio destaca 10 claves de éxito para una transición hacia un modelo de granjas de nueva generación, que implican medidas a seguir por parte de la administración, empresas y ganaderos para cumplir con el proceso de descarbonización del sector lácteo. **La adopción de estas medidas será crucial para lograr una producción láctea más respetuosa con el medio ambiente y socialmente responsable.**



**LA DECISIÓN
SE TOMA PARA
SENSIBILIZAR
Y DINAMIZAR A
TODAS LAS PARTES
INVOLUCRADAS,
PROMOVIENDO
EL CAMBIO HACIA
PRÁCTICAS DE
PRODUCCIÓN MÁS
SOSTENIBLES**



PRÓ LOGO



THIERRY DE L'ESCAILLE
*Presidente de la European
 Landowner's Organization*



Los propietarios de explotaciones agrarias y de otras actividades basadas en la tierra son los custodios de la tierra. Por definición, su objetivo es lograr la sostenibilidad a largo plazo, para sus hijos, sus nietos y quienes los sucedan. La tierra es su activo, no una mercancía. A nivel de la UE, el Green Deal está cimentando una narrativa política centrada en el cambio climático, la sostenibilidad y la biodiversidad. Continuamos apoyando la idea de que las alianzas público-privadas desempeñen un papel central en el mantenimiento y desarrollo de nuestras áreas rurales.

Las actividades basadas en el uso de la tierra pueden marcar la diferencia en el plan Green Deal para Europa, principalmente contribuyendo a la bioeconomía y la economía circular y logrando la neutralidad de carbono para 2050.

Los impactos directos e indirectos del cambio climático en nuestras zonas rurales son cada vez más visibles. En los últimos años, las olas de calor, los períodos prolongados de sequía, los focos de plagas y enfermedades y los incendios han sido tan graves como dañinos. Estos eventos extremos afectan a los ecosistemas de muchas maneras. La resiliencia de nuestros ecosistemas está en juego y, por lo tanto, se ve afectada su capacidad para secuestrar y almacenar carbono. Las respuestas de los bosques, pastizales y otros usos de la tierra al cambio climático son variadas y complejas. Los suelos agrícolas y los bosques proporcionan valiosas capacidades de secuestro y almacenamiento de carbono, que pueden mejorarse aún más con una gestión adecuada.

Las políticas deben diseñarse para mejorar la calidad del suelo, el reciclaje de nutrientes, particularmente del ganado, y todas las demás medidas para reducir las emisiones de la agricultura. Iniciativas y proyectos como la agricultura de carbono y la conservación de terrenos privados son solo algunas de las ideas que vale la pena desarrollar. Asimismo, vale la pena promover diferentes enfoques de agricultura sostenible; desde la agricultura regenerativa hasta la agricultura ecológica, no existe un único modelo que sea sostenible en todos los aspectos, en todos los territorios, para toda la producción de alimentos. Parte de esos diferentes enfoques también implica apoyar un discurso que se aleja de abogar por soluciones simplistas, como un cambio completo en la dieta para resolver todos los problemas de cambio climático y biodiversidad. El ganado, ya sea para leche o para carne, tiene su lugar en ecosistemas sostenibles y brinda beneficios para la salud y el medio ambiente, desde el impacto positivo del pastoreo en la biodiversidad y los suelos, hasta la disponibilidad de estiércol como reemplazo de fertilizantes intensivos en energía. Si lo que buscamos es una alimentación sana y nutritiva, las proteínas de origen animal forman parte de una dieta equilibrada, y no debemos olvidar las ventajas de la leche como bebida natural frente a otras bebidas vegetales.

La Política Agrícola Común sigue siendo una herramienta crucial para apoyar tales iniciativas y sumar con otros esquemas privados. Pero su presupuesto era insuficiente, incluso antes de la crisis reciente. El pago por los servicios

Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

de los ecosistemas sigue siendo un ejercicio principalmente teórico; estamos esperando las guías aplicación desde hace un tiempo, pero todavía no se han publicado, y no hay garantía de que la agricultura de carbono no se limite a depender de su inserción en las finanzas públicas. Si nos tomamos en serio la urgencia de impulsar la transformación sistémica para lograr los objetivos establecidos por el Acuerdo Climático de París, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, debemos ser igualmente serios sobre su escala y las herramientas disponibles para lograrlo. La escala de los desafíos que enfrentamos es global y, por lo tanto, debe considerarse dentro del contexto global, de manera que evite fugas y asegure la transición global hacia sistemas de producción sostenibles. Incluso aunque el 30 % del Marco Financiero Plurianual se dedicará a objetivos climáticos, todavía hay poca claridad sobre cuánto se puede usar y escepticismo sobre las formas más rentables de usarlo. Esta incertidumbre no se tiene plenamente en cuenta al diseñar las diversas estrategias nuevas que derivan del Green Deal. Sin embargo, lo que es seguro es que se financiarán más iniciativas del mismo fondo, con mayores requisitos, pero sin tener en cuenta su viabilidad e impactos acumulativos.

Por lo tanto, ahora es más importante que nunca centrarse en soluciones concretas, generalmente ancladas en el conocimiento y la innovación más que en la ideología, y una aspiración emocional de volver al pasado.





BLab Spain

PABLO SÁNCHEZ
Managing Director BLab Spain



Hoy nos encontramos ante un cambio de paradigma y un cambio de era. Ya sea por convicción o porque nuestro presente y futuro está en juego, somos cada vez más conscientes del papel clave que van a desempeñar las empresas ante los desafíos que afrontamos como humanidad. Dado su influyente papel en nuestro sistema socioeconómico, cualquier solución real y factible para responder a retos como la igualdad, la justicia social y climática o la descarbonización van a requerir una apuesta decidida de las empresas; apoyada, por supuesto, por la existencia un marco regulatorio capaz de incentivar la transición hacia prácticas empresariales más sostenibles.

Entre esos retos, estaremos de acuerdo que uno de los más urgentes y prioritarios es acelerar la descarbonización de la economía para mitigar los efectos causados por el cambio climático. La UE marcó un primer objetivo de reducir las emisiones de CO₂ en un 55% en 2030 con relación al nivel de 1990, para luego avanzar hacia un escenario de cero emisiones netas en 2050. No lograr estos objetivos es poner nuestras vidas en riesgo. ¿Cómo sería un planeta en la que temperatura ascienda más de 1,5 grados? Estamos muy cerca de ese umbral y, siguiendo las tendencias actuales, se produciría antes incluso de 2030. Este incremento de la temperatura es el máximo definido por los científicos como el escenario menos arriesgado para el futuro de la humanidad. Sabemos, además, las pérdidas actuales que genera el cambio climático y los desastres naturales sobre la economía: en 2022 fue la desconcertante cifra 223,8 mil millones en todo el mundo, de los cuales 32,4 mil millones fueron a causa de la sequía.

Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

Debemos actuar ya. Y de forma decidida. Nos encontramos ante la necesidad de diseñar estrategias de adaptación que permitan mitigar los efectos del cambio climático. En este sentido, no puede ser más apropiada la publicación de esta estrategia de descarbonización del sector lácteo sobre la descarbonización del vacuno lechero en España en la que participan ganaderías, centros de investigación, universidades y empresas con un mismo objetivo: descarbonizar un sector que contribuye significativamente a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La amplitud y profundidad de los temas que se abordan en esta estrategia de descarbonización del sector lácteo o convierten en un referente pionero para el sector del vacuno lechero. Podremos encontrar desde una visión global y contextualizada del sector de la leche en España, hasta estrategias de manejo de animales, sistemas de alimentación, modelos de producción circulares, sistemas y tecnologías de secuestro de carbono y agricultura regenerativa, entre otros temas igualmente relevantes.

Quisiera, finalmente, subrayar la necesidad de transformar nuestro modelo empresarial para lograr una transformación sostenible y duradera de nuestro modelo económico. Es momento de reconocer nuestra interdependencia y dejar de aislar el factor económico de nuestro contexto social y natural. No podemos pensar únicamente en crecimiento económico sin tener en cuenta los efectos de nuestras decisiones sobre las personas, comunidades y el planeta.

Esta labor de transformación es precisamente la que llevamos impulsando desde el movimiento B Corp desde hace más de 15 años, tanto a nivel global como en España. Buscamos configurar un modelo empresarial de triple impacto capaz de generar beneficios económicos, sociales y ambientales. Esto sólo será posible si logramos crear un nuevo paradigma empresarial y un modelo de gobernanza capaz de generar esta visión contributiva ampliada. En este sentido, resulta especialmente gratificante que esta iniciativa haya sido liderada por Danone, empresa B Corp en España desde el 2016 y que muestra día a día su compromiso para dar respuesta a los desafíos de su actividad empresarial y su propia cadena de valor. Igualmente, me complace ver también la participación de la primera B Corp en España, Alma Natura, que trabaja incansablemente para combatir la despoblación rural y generar oportunidades en las zonas rurales de nuestro territorio. El cambio que necesitamos vendrá, sin lugar a dudas, de este tipo de empresas y organizaciones que entienden perfectamente como su pervivencia en el tiempo depende de su capacidad de generar un beneficio colectivo para todas las personas y el planeta.





FRANÇOIS LACOMBE
CEO Danone Iberia



Al poco tiempo de aterrizar en España, con la misión clara de liderar en Danone un importante proceso de renovación y adaptación a un nuevo contexto de transición ecológica, visité una ganadería vacuna de tercera generación. Compartiendo una conversación con el hijo de su fundador que hoy gestiona la granja, me dijo la frase: “el ganado y el clima, juntos en la estima”. Me hizo reflexionar y conectar con algunas de las conversaciones que teníamos en mis tiempos de estudiante de Ingeniería Agrónoma y que, inevitablemente, me ha acompañado durante toda mi carrera.

El sector agrónomo es tan dependiente del clima y de la salud de la tierra, que a quien ha recibido esta formación de base le resulta imposible pensar en el ámbito empresarial si no siente un vínculo directo con el origen de su actividad. Le obliga a preguntarse cuales son los determinantes del impacto climático. Le invita a movilizar el ecosistema de partes interesadas para conversar sobre las mejores maneras de manejar la tierra y la actividad ganadera para desarrollar las actividades de la forma más sostenible posible. Y le motiva para cocrear e implementar acciones dirigidas a lograr que las cosas cambien y de este modo dejar un mundo mejor a las generaciones futuras.

Esta dependencia entre el clima y la salud de la tierra nos abre una oportunidad única para jugar un papel importante en el proceso de descarbonización del sector ganadero en nuestro país. Un sector vulnerable, pero muy necesario como base de un sistema alimentario saludable. Danone, una empresa centenaria y con propósito B-Corp para la cual la leche y el ganado son la piedra angular del nego-

cio, está llamada a movilizar todas las fuerzas interesadas para aportar salud a través de la alimentación.

Apelando a esta responsabilidad, queremos presentar un informe que muestre las principales palancas que permitan abordar una transición justa, resiliente y de impacto hacia un modelo en consonancia con el objetivo de no incrementar en más de 1.5°C la temperatura global. Una reducción que han sido validada por Science Based Target, una iniciativa conjunta entre el CDP (Carbon Disclosure Project), el Pacto Mundial de las Naciones Unidas, el Instituto de Recursos Mundiales y el Fondo Mundial para la Naturaleza, que basa sus mediciones y criterios de objetivo climático en estándares establecidos por la ciencia y en base al Acuerdo de París.

Para ello, este informe reúne a las voces más autorizadas y reconocidas en la materia, centros tecnológicos, universidades, personas expertas en cambio climático, ganadería y reto demográfico, dando voz también a los ganaderos y ganaderas, verdaderos protagonistas de esta transformación.

El cambio climático afecta a la disponibilidad y la calidad de los alimentos, lo que a su vez puede poner en peligro la seguridad alimentaria. Reducir las emisiones de CO₂ en la ganadería en España contribuye a la lucha contra el cambio climático, ayudando a su vez a proteger la producción de alimentos, diversificar sus fuentes y fortalecer la resiliencia de las comunidades frente a los impactos climáticos.

Al mismo tiempo, este informe quiere dar respuesta a uno de los grandes problemas corporativos del siglo XXI, el llamado greenwashing. Es necesario ser rigurosos a la hora de trasladar la realidad y medir los esfuerzos que cada uno pone para enfrentar el cambio climático, estableciendo un único marco comparativo en materia de reducción de emisiones de CO₂ que permita a todo el tejido empresarial hablar un lenguaje universal, garantizando la transparencia y la veracidad en las prácticas relacionadas con la sostenibilidad y el medio ambiente.

Desde Danone llevamos construyendo con esfuerzo un camino de transformación del sector ganadero durante los últimos 10 años. En 2012 pusimos en marcha el Plan Ganaderos para mejorar las condiciones de seguridad, transparencia, desarrollo y conocimiento. Un año después fuimos la primera empresa en implementar contratos a largo plazo en el sector. Comenzando en 2017 los primeros pasos de esa gran carrera que es la descarbonización en las ganaderías proveedoras de leche, reduciendo significativa-

LA RELACIÓN ENTRE LA GANADERÍA Y EL CLIMA ES FUNDAMENTAL PARA IMPULSAR LA TRANSICIÓN DEL SECTOR LÁCTEO HACIA PRÁCTICAS MÁS SOSTENIBLES

mente el impacto de nuestra huella. Este compromiso es lo que nos trae aquí de nuevo, buscando una segunda transformación hacia un modelo ganadero resiliente, capaz de hacer frente a los retos del cambio climático y asegurando la sostenibilidad ambiental, la resiliencia económica, la justicia social y la seguridad alimentaria.

Este informe es el resultado de un compromiso colectivo, multidisciplinario, basado en la objetividad y rigor científico para desafiar los límites del pasado y abrazar un futuro más justo. Estamos en un momento en que es necesario avanzar con paso firme desde el consenso de todos los eslabones del sector, y eso es lo que nos trae aquí hoy.



LA NECESIDAD DE DAR SOSTENIBILIDAD AL SECTOR LÁCTEO

GONZALO MUÑOZ
ABOGABIR
TriCiclos

TRICICLOS



Desde hace años solemos escuchar que el sector alimentario global está “quebrado”. Y es que la crisis alimentaria es uno de los grandes desafíos que enfrentamos como humanidad, principalmente debido a una falta generalizada de acceso a alimentos nutritivos y suficientes para las personas, lo que ha derivado en altos índices de inseguridad alimentaria, desnutrición y malnutrición. El Informe mundial sobre las crisis alimentarias elaborado por la Red de Información sobre Seguridad Alimentaria estima que alrededor de 258 millones de habitantes de 58 países y territorios se encuentran en contextos de crisis en esta materia, lo que supone un aumento frente a los 193 millones en 53 países y territorios que se registraron en 2021.

En este contexto, el sector lácteo es uno de los más importantes dentro la economía global, pero también uno de los más desafiantes en términos de sostenibilidad y seguridad alimentaria. La creciente demanda de productos lácteos, junto con la necesidad de reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de quienes los consumen, así como de los animales involucrados en la cadena de producción, hace que sea urgente actuar mediante la implementación de prácticas y tecnologías a la vez sustentables y eficientes, junto con fomentar la innovación y la colaboración entre los actores de la industria para lograr que esta sea más responsable y sostenible.

Un Plan de Descarbonización efectivo para este rubro debe considerar al menos dos factores que ayudan a entender la magnitud del reto y también sus oportunidades. En primer lugar, la industria láctea provee hoy en día un tipo de alimentación que es parte integral en la dieta de millones de personas. Sin desconocer que en muchas partes del mundo ha crecido rápidamente el veganismo, es un hecho que en el caso de España y en muchos otros países, gran parte de la población es consumidora de leche, y sus derivados tales como yogurt, quesos, mantequilla, etc. De hecho, la FAO asegura que la leche y los productos lácteos son fuentes vitales de nutrición y proporcionan medios de subsistencia a millones de personas en la cadena de valor a nivel global.

Otro relevante factor a tener en cuenta en la industria láctea tiene que ver con el desafío demográfico del mundo rural. En los últimos cien años, la sociedad ha tendido a migrar hacia las ciudades, generando como consecuencia el despoblamiento de zonas rurales que continúan siendo lugares necesitan seguir siendo habitados. Si continuamos concentrándonos en las zonas urbanas y en las grandes ciudades se generarán externalidades negativas desde un pun-

to de vista climático y ambiental y por eso, quienes habitan hoy en sectores rurales tienen el potencial de convertirse en grandes cuidadores de entornos naturales que debemos restaurar y comenzar a cuidar activamente. En materia de ganadería existen actividades de pastoreo que cumplen un rol clave para muchos ecosistemas, más allá de la relación que existe entre la industria ganadera con las familias de los campos, la cultura, las tradiciones y lo que significa mantener vivos esos pueblos. Se trata de un componente nada menor, especialmente en un país como España.

EL GRAN RETO ES AVANZAR HACIA LA DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR

El gran reto entonces es avanzar hacia la descarbonización del sector teniendo clara la necesidad de que sigan existiendo productos lácteos en el mercado y que éstos sean consumidos en los hogares españoles, pero ojalá con una huella de cero emisiones netas, e incluso pudiendo llegar a ser productos “clima positivos” dado el trabajo que se logre generar en las operaciones que se llevan a cabo en el sector rural. Cómo lograrlo es la gran reto, y empresas como Danone, están dando pasos significativos en la materia.

Actualmente, el sector lácteo genera 3,2-3,7 kg CO₂/kg de leche, de acuerdo a datos basados en el ACV (herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto). En cuanto a las emisiones de gas metano, de acuerdo con estudios del Global Methane Hub, en una escala temporal de 20 años, son 86 veces más potentes que el CO₂ como gas de efecto invernadero (y 28 veces en una escala temporal de 100 años). En cuanto a la subdivisión de las emisiones de este gas, el 42% pertenece al sector agroganadero, un 36% de la extracción de combustibles fósiles, un 18% de los residuos y el resto a otras fuentes.

Para contrarrestar este panorama, se abre un espacio importante de acción si consideramos que la lechería y la ganadería extensiva tienen un potencial importante de generar la riqueza natural del entorno donde se desarrollan. Entre los desafíos, podemos definir varias fases. La pri-



mera de ellas es analizar cómo alimentamos al ganado y cómo podemos reducir las emisiones entéricas a partir de los eructos de las vacas. De acuerdo con cifras de la FAO, una vaca expulsa unos 200 gramos de metano al día, lo que equivale a 5 kilogramos en unidades de CO₂. Esto significa que cada año la totalidad del ganado existente en el planeta libera a la atmósfera 100 millones de toneladas de metano, las que tienen el mismo efecto que 2.500 millones de toneladas de CO₂.

Por eso, se necesita trabajar en mecanismos que modifiquen la dieta de las vacas e incluyan aditivos alimentarios que produzcan un tipo distinto de fermentación que no altere la producción ni la cantidad de leche, disminuyendo así la cantidad de emisiones nocivas para el medio ambiente. Este desafío ya está en marcha, y sin duda veremos una gran aceleración en innovaciones tecnológicas que ya comienzan a introducirse en el mercado. También se puede mejorar la calidad del pastoreo con una rotación que ayude a gestionar mejor los residuos y el estiércol de los animales, entregando un potencial de mejora en la salud y biodiversidad de los suelos, aspecto que debe ser medido y monitoreado con alta rigurosidad científica y que puede ser un gran valor añadido para otros cultivos complementarios.

El resto de la cadena también es fundamental. Los productos lácteos deben ser refrigerados y, por lo tanto, hay que utilizar sistemas de refrigeración que no usen gases refrigerantes que contribuyan a agravar la crisis climática. Al mismo tiempo se debe recurrir a mecanismos de electricidad basados en fuentes renovables y también invertir en la mejora de los sistemas de transporte, seguimiento y distribución de forma tal que sean neutros en emisiones.

Finalmente, no podemos olvidar los descartes y desechos que se generan en toda la cadena. Para evitar el daño al ecosistema, éstos no deben ser vertidos, dado que en su descomposición generan emisiones de metano. Y a su vez se espera que el trabajo de mejora en los diversos empaques evite cualquier tipo de contaminación plástica en el medio ambiente.

Por este motivo, los planes de descarbonización y optimización de los recursos con foco en la protección del medio ambiente están cada vez más presentes dentro de las estrategias de gobiernos y organismos privados, y España no es la excepción.

El plan de adaptación al cambio climático para el periodo 2021-2030 es actualmente una herramienta fundamental



LOS PLANES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE CARBONO Y OPTIMIZAR EL USO DE RECURSOS SON PARTE DE LAS ESTRATEGIAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

que tiene como principal objetivo construir un país menos vulnerable, más seguro y resiliente a los impactos y riesgos del cambio climático, capaz de anticipar, responder y adaptarse a un contexto cambiante, y que además se encuentra alineado con las políticas planteadas por el Consejo Europeo. Dentro de sus 81 líneas de acción a desarrollar en los diferentes sectores socioeconómicos del país, la ganadería y la alimentación ocupan un rol primordial, y entre las metas se encuentra la reducción de los riesgos derivados del cambio climático para la seguridad alimentaria.

De acuerdo con la FAO, la seguridad alimentaria se da cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, para así poder llevar una vida activa y saludable. Lo que busca el Plan es cumplir con este principio, pero al mismo tiempo, promover la adaptación de la agricultura y la ganadería a los cambios del clima, con especial énfasis en la compatibilidad con una producción de alimentos sostenibles e integrada en el territorio y la reducción de todo tipo de desperdicios. España entiende que la adaptación climática tiene una fuerte correlación con los sectores rurales y por

eso plantea propuestas para la zona, entre ellas el fomento de la bioeconomía, la economía circular y la agricultura de proximidad, entre otras medidas que buscan el menor impacto climático y la mayor resiliencia.

El país tiene hoy una ambición climática concreta que se vincula directamente con la reducción de las emisiones contaminantes y en donde distintos actores juegan un rol destacado. Por un lado, los gobiernos desempeñan un rol crucial al establecer el marco normativo que permite abordar esta crisis de manera local y también siendo parte de negociaciones internacionales sobre cambio climático, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París, donde se establecen compromisos globales para reducir las emisiones y minimizar los impactos negativos.

El sector privado también tiene una cuota relevante de participación a través de varios frentes, siendo el principal la reducción de sus propias emisiones de GEI mediante la adopción de tecnologías y energías más limpias, la mejora de la eficiencia energética, la gestión de residuos, la optimización del transporte y la implementación de prácticas de producción sostenible.

Y aunque son varias las empresas españolas que han asumido el liderazgo en cuanto a acción climática, no todas están igualmente comprometidas. Sabemos que existen avances en el sector lácteo, pero uno de los más significativos es el que ha impulsado Danone, ubicándose actualmente dentro el 6% de las compañías españolas en adoptar objetivos de reducción de CO₂ validados por SBTi (Science Based Targets initiative).

FOMENTAR LA INNOVACIÓN Y LA COLABORACIÓN ENTRE LOS ACTORES DE LA INDUSTRIA PARA LOGRAR UNA INDUSTRIA MÁS RESPONSABLE Y SOSTENIBLE

Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

Como empresa B Corp de mayor tamaño y puntuación dentro del sector de gran consumo, Danone apuesta por una estrategia de sostenibilidad integrada que tiene en cuenta la amplitud de los criterios ESG. Con la descarbonización como prioridad, la compañía se fijó como meta macelerar este proceso con una transformación gradual y objetivos específicos a 2025, 2030 y 2040 que serán el eje de toda su cadena de valor para lograr el estatus de Cero Emisiones Netas en 2050.

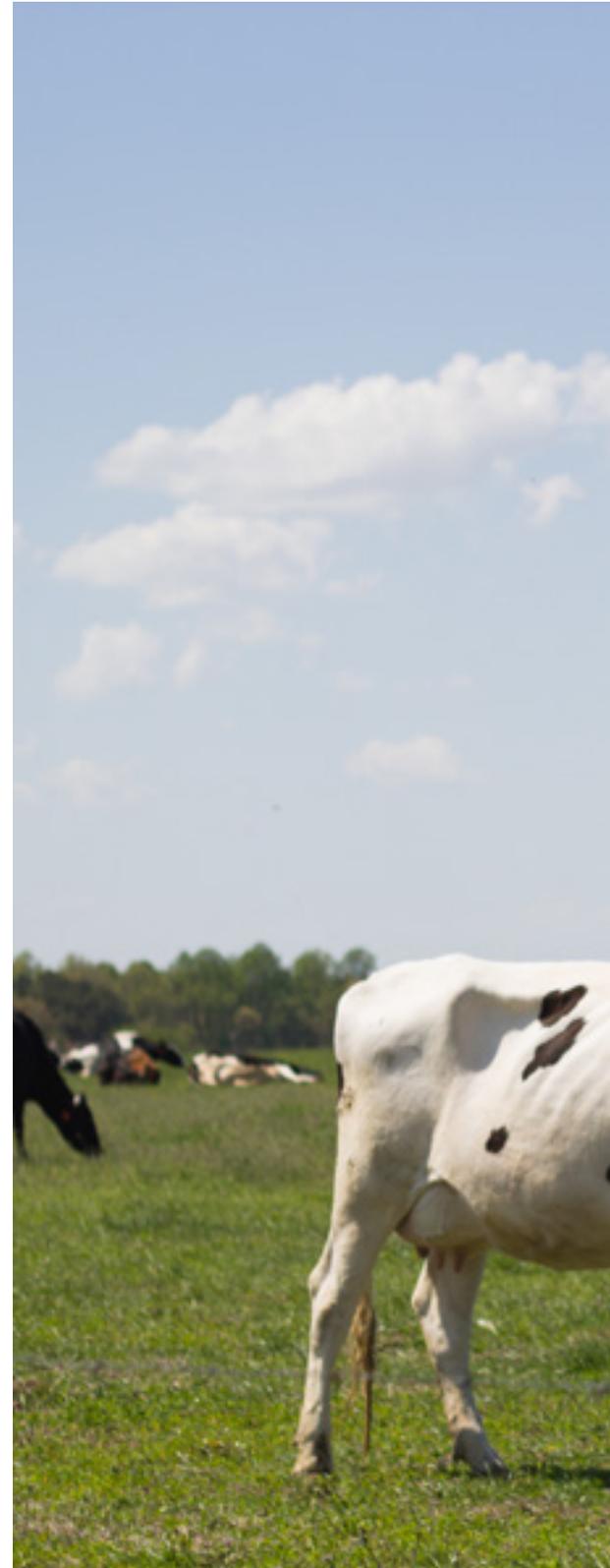
En el corto plazo, Danone se ha convertido en una de las primeras empresas en fomentar la economía circular en toda su cadena de valor y fijar el objetivo de la reducción del 30% de CO₂ para 2030, cifra necesaria para evitar que la temperatura global supere los 1.5°C, acorde con los objetivos globales del Acuerdo de París de 2015.

En la práctica, esta hoja de ruta depende de la reducción del 30% de las emisiones de metano procedentes de la leche fresca para 2030, siendo la primera empresa alimentaria en alinear sus objetivos con el Compromiso Global sobre el Metano presentado en la COP26. En España, la compañía lleva más de 10 años transformando su modelo agroganadero para contribuir a la sostenibilidad del campo y a nivel internacional, impulsa la eficiencia energética en sus instalaciones y operaciones a través de la iniciativa “Re-Fuel Danone”, que busca mejorar en un 30% su eficiencia energética para 2025, y aumentar el uso de fuentes renovables para que la mitad de su energía provenga de estos recursos en 2030.

Sin lugar a duda, las iniciativas a nivel empresarial son gravitantes para detener la crisis climática, complementando las necesarias políticas públicas y regulaciones que fomenten la transición hacia prácticas más sostenibles, las que pueden ir desde incluir incentivos para la adopción de prácticas sostenibles, la implementación de políticas de etiquetado para productos más sostenibles o la promoción de mayor transparencia en la cadena de suministro.

Como afirma Global Methane Hub, las emisiones de metano han contribuido aproximadamente al 30% del calentamiento actual, causando daños a comunidades de todo el planeta. Disminuir el metano en un 45% es crucial para disminuir el calentamiento en 0,3 grados centígrados de aquí a 2040 y encaminarnos hacia un futuro sostenible y saludable para las personas.

Ante una ecuación que prevé un aumento de la población mundial en las próximas décadas y una demanda sosten-



ADEMÁS DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES, EL SECTOR PRIVADO TIENE UN POTENCIAL ÚNICO EN EL REPORTE Y DIVULGACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS



Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

nida de productos alimenticios de primera necesidad, el compromiso de Danone es un claro ejemplo de vanguardia en la descarbonización y la mantención de estándares en cuanto a cantidad y calidad de productos lácteos que otras compañías pueden analizar y replicar con éxito para obtener resultados positivos. Porque además de la reducción de emisiones, el sector privado tiene un potencial único en el reporte y divulgación de buenas prácticas que permitan transparentar sus acciones, inspirar a quienes vienen detrás y facilitar la toma de decisiones por parte de inversionistas y consumidores interesados en evaluar el desempeño ambiental de las empresas.

Danone se proyecta actualmente como un caso de éxito entre muchos más que pueden venir en el futuro en el rubro de la alimentación. Es tal la relevancia de este sector, que será uno de los temas primordiales a debatir en las futuras COP, con nuevas propuestas para reducir el gas metano en las cadenas productivas de alimentación. Cuando existen empresas proactivas capaces de reconocer, cuantificar y validar una de sus principales externalidades negativas, y luego dar un giro de tuerca, tomar la decisión de pasar a ser un actor propositivo dentro del mercado, como sociedad tenemos el deber de ser conscientes de estos esfuerzos y amplificar su impacto para que cada día más empresas puedan sumarse a esta enorme tarea. De ello depende el bienestar del planeta y de todos quienes habitamos en él.



ACERCA DE LOS AUTORES

Gonzalo Muñoz Abogabir

High Level Climate Action Champion de la ONU y colider de las campañas globales Race To Zero, Race To Resilience y GFANZ. Previamente cofundó TriCiclos (una de las empresas latinoamericanas más reconocidas en economía circular), Manuia (consultora estratégica internacional en sostenibilidad), Sistema B Chile y Viña Polkura. Es parte del directorio del Global Foodbanking Network y de los consejos de CDP Latinoamérica, IDB Invest, Chapter Zero Chile, TED Future Forum, ECODES España, entre otros.

CON CLU SIO NES

El acceso a alimentos seguros, nutritivos, y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, es un principio general de toda la sociedad y la leche y sus derivados son una parte esencial de la dieta de millones de personas en todo el mundo.

La sociedad, en su conjunto, las organizaciones globales, las empresas y las instituciones apuestan por modelos de producción que avancen hacia la sostenibilidad de los procesos productivos y la seguridad alimentaria. La descarbonización de nuestra economía es uno de los pilares esenciales de la sostenibilidad ambiental.

ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y SOCIOECONÓMICA DE LAS EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE EN ESPAÑA

**BERNARDO VALDÊS PAÇOS E
IBÁN VÁZQUEZ GONZÁLEZ**

*Grupo de investigación Economía
Agroalimentaria e Medioambiental,
Desenvolvemento Rural e
Economía social (ECOAGRASOC)
de la Universidad de Santiago de
Compostela*



¹ MAPA (2023).

² Valdês; Vázquez. (2022).



Según los datos del Ministerio de Agricultura¹ en abril de 2023 quedaban 10.440 explotaciones con entregas de leche de vaca en el conjunto del Estado. El 80% están en las cuatro comunidades de la Cornisa Cantábrica, destacando particularmente el caso de Galicia donde se sitúan más de la mitad del total de explotaciones con entregas. El número de explotaciones se ha reducido en más de 6,5 mil desde la desaparición del sistema de cuotas en abril de 2015 (TAV -5,9).

La desaparición de explotaciones con vacas de leche ha afectado especialmente a las explotaciones más pequeñas². Ese proceso de reestructuración ha dado lugar a una creciente concentración del rebaño en las explotaciones de mayor dimensión. Según el censo agrario de 2020 las

explotaciones con 50 o más vacas de leche, el 26% del total, reunían el 73% de las vacas de leche. Las de 100 o más, apenas 1 de cada 10 granjas, concentraban el 47,3% del rebaño. En el extremo contrario, las explotaciones con menos de 20 vacas, el 46% de las explotaciones, apenas poseen el 6,5% del rebaño productor (*figura 1 y figura 2*). Es necesario aclarar que mientras el censo agrario de 2020 contabiliza 17.793 explotaciones con vacas de leche, según las declaraciones de entregas publicadas por el Ministerio en enero de 2020 únicamente entregaron leche 12.770 explotaciones (la cifra aún fue menor en los otros meses). Es por ello que el censo podría estar sobrerrepresentando el peso de las pequeñas explotaciones, al incluir explotaciones con vacas de aptitud láctea pero cuya producción no es comercializada.

| | Nº VACAS LECHE | Nº DE EXPLOTAC. | SAU (HA) | VACAS LECHERAS | UTA TOTAL | UTAT ASALARIADAS |
|--------------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------------|---------------|---------------------|
| GALICIA | 1-19 | 3.954 | 50.444 | 29.909 | 4.076 | 386 |
| | 20-49 | 2.942 | 71.755 | 94.076 | 4.977 | 1.677 |
| | 50-99 | 1.386 | 55.928 | 93.951 | 2.895 | 2.099 |
| | >=100 | 589 | 43.642 | 95.210 | 2.520 | 2.440 |
| | TOTAL | 8.871 | 221.769 | 313.146 | 14.468 | 6.603 |
| RESTO CORNISA | 1-19 | 2.493 | 51.292 | 14.294 | 2.494 | 356 |
| | 20-49 | 1.307 | 36.217 | 42.376 | 1.962 | 684 |
| | 50-99 | 679 | 28.239 | 45.593 | 1.467 | 1.055 |
| | >=100 | 231 | 15.040 | 37.143 | 880 | 816 |
| | TOTAL | 4.710 | 130.788 | 139.406 | 6.803 | 2.912 |
| RESTO ESPAÑA | 1-19 | 1.766 | 231.145 | 6.471 | 2.259 | 1.063 |
| | 20-49 | 675 | 41.561 | 23.106 | 763 | 289 |
| | 50-99 | 846 | 58.695 | 60.656 | 1.903 | 1.264 |
| | >=100 | 925 | 99.280 | 234.651 | 5.503 | 5.152 |
| | TOTAL | 4.212 | 430.681 | 324.884 | 10.429 | 7.768 |
| TOTAL | 1-19 | 8.213 | 332.882 | 50.674 | 8.830 | 1.806 |
| | 20-49 | 4.924 | 149.533 | 159.558 | 7.703 | 2.650 |
| | 50-99 | 2.911 | 142.861 | 200.200 | 6.265 | 4.418 |
| | >=100 | 1.745 | 157.962 | 367.004 | 8.903 | 8.409 |
| | TOTAL | 17.793 | 783.237 | 777.436 | 31.700 | 17.283 |

Figura 1. Estructura productiva y socioeconómica de las explotaciones con vacas de leche por estrato de vacas de leche en 2020

Fuente: elaboración propia a partir del INE, Censo Agrario 2020

Encontramos notables diferencias entre la Cornisa Cantábrica y el resto del país. El rebaño medio en la Cornisa Cantábrica es menos de la mitad del que tienen las explotaciones del resto del país, 33 vacas de leche frente a 77. Las explotaciones con más de 100 vacas son el 6% del total en la Cornisa y el 22% en el resto del país. Este grupo posee el 29,2% del rebaño lácteo en las cuatro comunidades cantábricas y el 72,2% en el resto del país.

BASE TERRITORIAL Y SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LAS EXPLOTACIONES

Las explotaciones de vacuno de leche tienen una media de 44 ha de superficie agraria útil (SAU) por explotación. Si echáramos la vista hacia atrás podríamos observar como el incremento del rebaño medio de las explotaciones, al igual que el aumento de la producción media por explotación, se basó en buena medida en una creciente intensificación³, plasmada en el incremento de la carga ganadera por hectárea. Si bien los datos del último censo muestran un cambio de tendencia con una reducción del número de vacas por hectárea de SAU⁴.

El rebaño lácteo se ha concentrado en las explotaciones con mayor carga ganadera. Las explotaciones con 3 o más UGM por ha de SAU son una cuarta parte del total, pero tienen casi la mitad del rebaño. Las de 4 UGM o más, son el 15% y poseen un tercio de las vacas de leche (figura 3). Las explotaciones más extensivas, aquellas que no alcanzan una 1 UGM/ha de SAU, apenas poseen el 6,2% de las vacas de leche a pesar de ser casi la quinta parte del total de granjas.

Son las explotaciones de mayor dimensión las que tienen una mayor carga ganadera. Mientras el rebaño medio de las explotaciones con menos de 1 UGM/ha de SAU es de 27,6 vacas de leche, las explotaciones con 4 o más UGM por hectárea tienen una media de 99,4. Las explotaciones con un mayor número de vacas son también las que realizan una gestión más intensiva de la superficie. En las granjas de menos de 20 vacas los pastos permanentes representan casi las tres cuartas partes de la SAU. Este porcentaje se va reduciendo hasta el 37,4% en las que superan las 100 vacas lecheras. De forma inversa el peso de los cultivos forrajeros va aumentando a medida que sube el tamaño (figura 4).

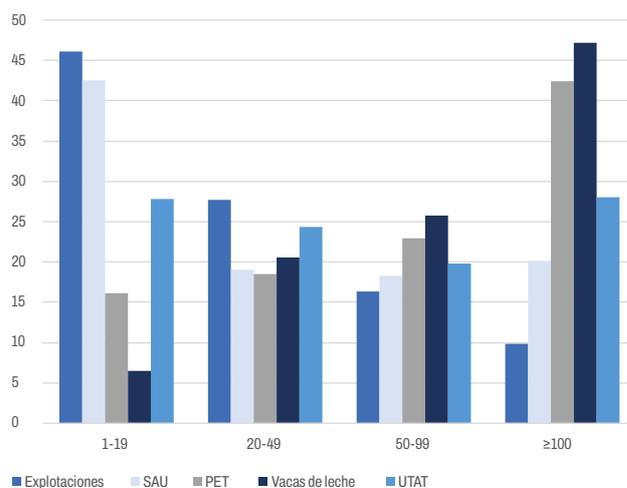


Figura 2. Explotaciones, superficie agraria útil, producción estándar total, vacas de leche y unidades de trabajo-año totales según el rebaño de vacas de leche. Porcentaje sobre el total (2020)

³ García et al. (2019).

⁴ Un cambio que debemos tomar con precaución dados los cambios metodológicos en la elaboración del censo.

⁵ Los datos proceden de la web de la RECAN, consultada el 7 de julio de 2023 (<https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DairyReport/DairyReport.html>).

Capítulo 2

Estructura productiva y socioeconómica de las explotaciones de vacuno de leche en España

También en este caso observamos notables diferencias territoriales. Mientras en la Cornisa Cantábrica las explotaciones con 4 UGM/ha de SAU o más son apenas una décima parte del total y poseen una quinta parte del rebaño; en el resto del Estado son el 29% del total de explotaciones y absorben más de la mitad del rebaño de vacas de leche.

Los datos de la Red Contable Agraria Nacional (RECAN) nos muestran una mayor intensificación de las explotaciones lácteas españolas en comparación con la media comunitaria. Según los datos provisionales de la RECAN de 2020 las explotaciones lácteas especializadas españolas tienen un número de vacas superior a la media comunitaria,

69 vacas de leche por explotación frente a 43 en la UE-27. Sin embargo, la superficie con la que cuentan es inferior a la media comunitaria, 32 ha de superficie forrajera de las explotaciones españolas y 39 ha en la UE-27⁵. Si a esto le unimos el mayor rendimiento lácteo por vaca en el Estado Español el resultado es un grado de intensificación, medido por la producción láctea por unidad de superficie, que es más del doble de la media comunitaria, 18,7 Tm/ha de superficie forrajera en el Estado Español frente a 8,6 en la media UE-28. Esta elevada intensificación se traslada a un mayor coste de alimentación del ganado, así mientras los alimentos comprados suponen 87 €/Tm leche en la UE-28 en el Estado Español se elevan hasta los 132 euros.

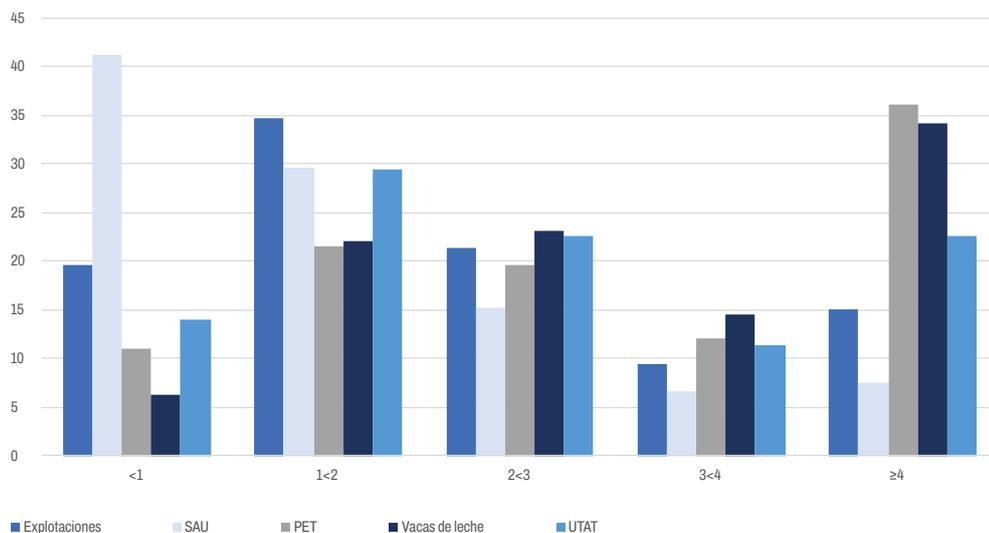


Figura 3. Explotaciones, superficie agraria útil, producción estándar total, vacas de leche y unidades de trabajo-año totales según la carga ganadera (UGM/SAU). Porcentaje sobre el total (2020)

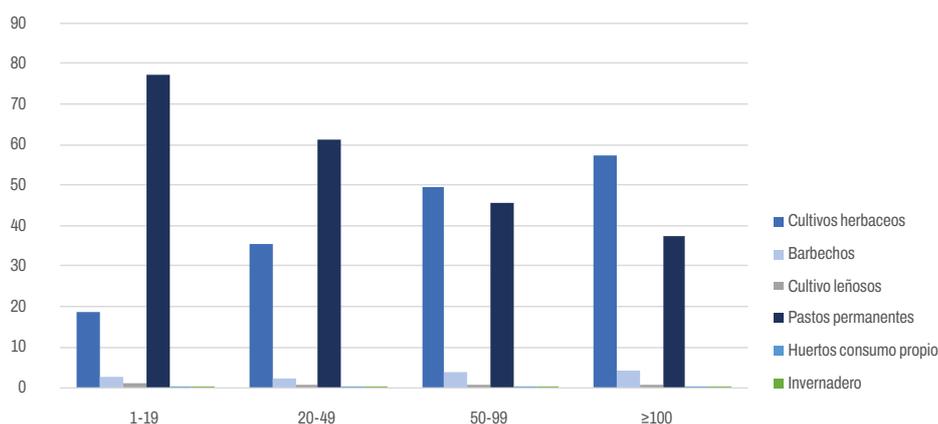


Figura 4. Peso de los distintos aprovechamientos de la SAU según el rebaño de vacas de leche. Porcentaje de la SAU total de cada estrato (2020)

VOLUMEN Y COMPOSICIÓN DE LA MANO DE OBRA

Las explotaciones con vacas de leche emplearon 31.700 unidades de trabajo-año totales (UTAT) en 2020, el 3,7% del total de empleo en la agricultura española de acuerdo con el censo agrario de 2020. La importancia relativa del vacuno de leche varía sustancialmente entre unas comunidades autónomas y otras. En algunas de las comunidades autónomas absorbe menos del 1% de las UTAT (Andalucía, Aragón, Castilla La Mancha, C. Valenciana, La Rioja), mientras que en Asturias, Cantabria y Galicia representa más del 20% del empleo agrario total.

Las UTAT asalariadas son el 58,2% del total. Su relevancia está directamente correlacionada con el tamaño de las explotaciones. Mientras en las explotaciones con menos de 50 vacas de leche la mano de obra familiar es mayoritaria, en las de 100 o más vacas la mano de obra contratada supera el 90% (figura 5). Ahora bien, este peso de la mano de obra asalariada no se explica sin la creciente importancia de las explotaciones que tienen como titular una persona

jurídica. En estas granjas el 100% de la mano de obra es clasificada por el censo agrario como asalariada. En 2020 estas explotaciones son casi un tercio del total, siendo mayoritarias entre las explotaciones de mayor dimensión. Mientras el rebaño medio de las explotaciones con titular persona física es de 23,7 vacas de leche, el de las que tienen titular persona jurídica es de 95,3. En muchos casos estas explotaciones son el fruto de la unión de explotaciones familiares o incluso sociedades formadas por miembros de una misma familia, con una única explotación, como fórmula para la sucesión. Esta mano de obra procedente de la(s) familia(s) se computa como mano de obra asalariada, lo que lleva a una sobrevaloración del peso de las UTAT asalariadas.

En la figura 5 presentamos la estructura etaria de los titulares de explotaciones que tienen una persona física por titular en función del sexo de esta. Los titulares con 55 o más años suponen el 64,7% de total. Los que superan los 64 años son el 26,8%. En el extremo contrario las explotaciones con un titular de menos de 40 años apenas son el 6,7% del total. Es preciso señalar que el grado de envejecimiento es mayor en el caso de las explotaciones que tienen una mujer como titular.

HOMBRES

| Edad del titular | Explotaciones | | Vacas lecheras | |
|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| | Número | % total | Número | % total |
| Menores de 40 | 666 | 8,27 | 17.083 | 7,6 |
| Entre 40 y 55 | 2.546 | 31,60 | 81.776 | 36,2 |
| De 55 a 65 | 2.866 | 35,57 | 86.236 | 38,2 |
| De 65 o más | 1.979 | 24,56 | 40.688 | 18,0 |
| Total | 8.057 | 100,00 | 225.783 | 100,0 |

Figura 5. Explotaciones con titular persona física y vacas de leche por grupos de edad del titular según su sexo.

Fuente:
Elaboración propia a partir del INE,
Censo Agrario 2020.

MUJERES

| Edad del titular | Explotaciones | | Vacas lecheras | |
|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| | Número | % total | Número | % total |
| Menores de 40 | 191 | 4,01 | 3.930 | 5,0 |
| Entre 40 y 55 | 1.111 | 23,32 | 20.634 | 26,4 |
| De 55 a 65 | 2.007 | 42,11 | 38.461 | 49,2 |
| De 65 o más | 1.456 | 30,56 | 15.133 | 19,4 |
| Total | 4.766 | 100,00 | 78.159 | 100,0 |

Si nos fijamos en las granjas con titular persona jurídica clasificadas en función de la edad del jefe o jefa de la explotación vemos que el peso de los estratos de menor edad es superior. Las explotaciones con un jefe de explotación menor de 40 años son el 11,8% del total; aquellas en las que no alcanza los 55 años son más de la mitad (figura 6).

El peso de los titulares de edad avanzada, especialmente entre las explotaciones de menor dimensión, lleva a prever que simplemente por razones demográficas el ritmo de desaparición de explotaciones con vacas de leche va a continuar siendo elevado en los próximos años. Más de 8,3 mil explotaciones tienen un titular persona física con más de 54 años. En 3,4 mil la edad del titular es de 65 años o más. Teniendo en cuenta la pequeña dimensión media de estas explotaciones es probable que buena parte no cuenten con sucesión, de forma que la jubilación del titular conllevará su desaparición como explotación láctea en los próximos años.

Las mujeres aportan cerca de una cuarta parte del volumen de trabajo total en las explotaciones lácteas. Se trata fundamentalmente de trabajo familiar (38,1% de las UTAT familiares), siendo su participación en el trabajo asalaria-

| Edad del jefe/a de explotación | Explotaciones | | Vacas lecheras | |
|--------------------------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
| | Número | % total | Número | % total |
| Menores de 40 | 585 | 11,8 | 47.560 | 10,0 |
| Entre 40 y 55 | 2.029 | 40,8 | 200.362 | 42,3 |
| De 55 a 65 | 1.658 | 33,4 | 154.438 | 32,6 |
| De 65 o más | 698 | 14,0 | 71.134 | 15,0 |
| Total | 4.970 | 100,0 | 473.494 | 100,0 |

Figura 6. Explotaciones persona jurídica y vacas de leche por grupos de edad del jefe de explotación 2020

Fuente: elaboración propia a partir del INE, Censo Agrario 2020.



do mucho menor (13,5% del trabajo asalariado). En las explotaciones con titular persona jurídica el número de mujeres que ejerce como jefe de explotación es reducido, apenas en el 18,8% de las explotaciones. En otras palabras, recurrir a la mujer cuando es necesario contratar mano de obra es escaso, su contribución de produce fundamentalmente cuando forma parte de la unidad familiar ligada a la explotación. Las explotaciones que cuentan con una mujer como titular tienen un rebaño notablemente menor que las que tienen un titular masculino, 16,4 vacas de leche frente a 28. Si nos referimos a las granjas que son personas jurídicas, la dimensión también es mayor cuando el jefe de explotación es un hombre, 102,1 vacas de leche frente a 65,7.

ACERCA DE LOS AUTORES

Bernardo Valdês Paços

Licenciado en Economía y Empresariales por la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

Miembro del grupo de investigación Economía Agroalimentaria e Medioambiental, Desenvolvimento Rural e Economía social (ECOAGRASOC) de la USC. Profesor del departamento de Economía Aplicada (Área Economía, Sociología y Política Agraria) en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Lugo (USC). Es especialista en producción animal y gestión técnico-económica de explotaciones ganaderas. Tiene amplia experiencia en análisis de políticas agrarias europeas, habiendo participado en numerosos proyectos de investigación relacionados.

Ibán Vázquez González

Dr. Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Miembro del grupo de investigación Economía Agroalimentaria e Medioambiental, Desenvolvimento Rural e Economía social (ECOAGRASOC) de la USC. Profesor del departamento de Economía Aplicada (Área Economía, Sociología y Política Agraria) en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Lugo (USC).

Sus principales líneas de investigación tratan sobre el análisis de la dinámica de las explotaciones agrarias, su caracterización, la mejora de su sostenibilidad, la gestión técnico-económica y el estudio de modelos de producción de calidad diferenciada.

CON CLU SIO NES

El sector de vacuno de leche ha experimentado a lo largo de las últimas décadas un intenso proceso de reestructuración: han desaparecido la inmensa mayoría de las explotaciones, fundamentalmente las de menor dimensión; ha aumentado el tamaño medio y se ha concentrado el rebaño en las explotaciones con un mayor rebaño. La existencia de un número importante de explotaciones con un titular de edad avanzada, fundamentalmente entre las de menor dimensión, hace presagiar que en los próximos años continuará el proceso de desaparición de explotaciones a un ritmo importante.

El rebaño se ha ido paulatinamente concentrando en las explotaciones de mayor dimensión. En 2020 las explotaciones con 100 vacas de leche o más, apenas 1 de cada 10 granjas, concentraban el 47,3% del rebaño. En el extremo contrario, las explotaciones con menos de 20 vacas, el 46% de las explotaciones, apenas poseía el 6,5% del rebaño productor. A pesar de su escaso peso productivo, esas explotaciones de menor dimensión siguen teniendo un importante papel social y territorial, especialmente en aquellas comunidades autónomas en las que la producción láctea tiene un mayor peso en su agricultura (Galicia, Asturias, Cantabria).

Este proceso de reestructuración ha ido acompañado de una creciente intensificación de las explotaciones lácteas. En este sentido el elevado coste de alimentación del rebaño, en comparación con el entorno comunitario, puede lastrar la viabilidad económica de las explotaciones españolas. Otra posible amenaza es la modificación en las ayudas directas de la PAC que avanza hacia la igualación de su cuantía por hectárea; un camino iniciado con la reforma 2014–2020, que

ha proseguido en el período transitorio 2021–2022 y que continuará en los próximos años, 2023–2027. También son aspectos a tener en cuenta un posible endurecimiento de la normativa ambiental o la vinculación en mayor medida de las ayudas de la PAC a criterios medioambientales.

La desaparición de explotaciones se ha traducido en una importante caída del trabajo absorbido por las explotaciones con vacas de leche. En 2020 las explotaciones con vacas de leche suponen el 3,7% del total de empleo en la agricultura española. No obstante, su peso en las comunidades de la Cornisa Cantábrica es mucho mayor (29%).

La mano de obra femenina es cerca de una cuarta parte del volumen total de trabajo en las explotaciones lácteas. Se trata fundamentalmente de trabajo familiar. Sin embargo, el recurso a la contratación de mujeres como asalariadas es mucho menor. Por otra parte, las explotaciones que tienen como titular una mujer tienen una menor dimensión media que aquellas con un hombre como titular. También cuando el titular persona jurídica y la jefatura de la explotación es de una mujer la dimensión es menor que cuando un hombre es el jefe de la explotación. Esto nos indica la pervivencia de una clara desigualdad entre hombres y mujeres en el sector.

LA INDUSTRIA GANADERA Y LÁCTEA FRENTE A LA ESTRATEGIA GLOBAL DE REDUCCIÓN DE GEI Y LA INFORMACIÓN AL CONSUMIDOR

**RAISA TINITANA BAYAS
ARACELI OROZCO MAS
MANUEL LAINEZ**

Lainez Biotrends

INTRODUCCIÓN

El aumento en la concentración de GEI en la atmósfera se ha acelerado en las últimas décadas. Este incremento comporta un calentamiento global que provoca alteraciones en el clima. Las consecuencias del cambio climático, como el aumento de la temperatura, la reducción de la pluviometría, la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos o la reducción de las masas de hielo en los polos, son motivo de preocupación para la sociedad.

Naciones Unidas, a través de su **Acción por el Clima**, constituyó en 1988 un grupo de trabajo de expertos sobre Cambio Climático, al que se denomina IPCC. Es un grupo científico que evalúa la bibliografía científica para dar una visión sobre los conocimientos en esta materia y sus repercusiones medioambientales y socioeconómicas. En este ámbito se realizan informes periódicos, el último de los cuales se presentó en marzo de 2023. En ellos se ha venido alertando sobre la necesidad de actuar para mitigar el cambio climático.

La sociedad en su conjunto mira con preocupación el cambio climático. El Eurobarómetro de 2021 recoge la opinión de la ciudadanía europea en este ámbito. Más de nueve de cada diez personas encuestadas consideran el cambio climático un problema grave (el 93 %), y casi ocho de cada diez (el 78 %) lo consideran muy grave. A la pregunta de cuál es el problema más grave al que se enfrenta el mundo, más de una cuarta parte (el 29 %) ha respondido que es el cambio climático.

En 2015 en el marco de la **COP21**, celebrada en **Paris**, 195 países se comprometieron a limitar el aumento medio de la temperatura global a 2°C respecto a los niveles preindustriales, y a adoptar medidas para no superar la cota de 1,5°C a final de este siglo, así como alcanzar la neutralidad climática en 2050, es decir, que la cantidad de GEI liberados a la atmósfera sean equivalentes a la que absorben los sumideros naturales. Este compromiso se ha materializado en la Unión Europea en el Green Deal, aprobado en 2020.

Los **sistemas alimentarios representan el 31% de las emisiones de GEI** de origen antropogénico, y los sistemas ganaderos en torno al 14,5% (FAO, 2022). En el caso del sector ganadero lácteo únicamente supone el 2.7% del total de las emisiones de GEI (Poore y Nemecek, 2018; Laca, 2020). Como consecuencia, las políticas adoptadas por las administraciones persiguen la reducción de las emisiones de GEI en los sistemas de producción de alimentos y, específicamente, en la producción ganadera.

LOS GRANDES OBJETIVOS CLIMÁTICOS DE LA UE

La Unión Europea ha decidido que los países de la UE deben reducir las emisiones de GEI en, al menos, un 55 % de aquí a 2030. Su objetivo es lograr que la UE sea climáticamente neutra en el 2050.

Los instrumentos para hacer posible este objetivo son el Pacto Verde y el denominado Paquete Objetivo 55. En ambos casos se trata de un conjunto de propuestas que pretenden adecuar todas las políticas de la UE a esos objetivos.

En los puntos siguientes recogemos los elementos más significativos de ambos instrumentos relacionados con la ganadería:

La estrategia de la granja a la mesa recoge un conjunto de objetivos, que se concretan en la puesta en marcha de una legislación específica entre 2021 y 2024. Se diferencian dos ámbitos:

- En la producción primaria se prevé la reducción de los GEI, modificando tanto las materias primas utilizadas en alimentación animal como su origen, la promoción de los biofertilizantes a partir de residuos orgánicos, la obtención de energía renovable y la utilización de la agricultura como sumidero de CO₂. También se plantea incrementar la producción con certificación ecológica.
- En la transformación agroalimentaria se promueve la reducción de la huella ambiental, con especial atención a los envases, la bioeconomía circular y los sistemas alimentarios sostenibles, entre cuyas medidas se incluye el etiquetado ambiental y el impulso al control de la huella de los proveedores.



Capítulo 3_

La industria ganadera y láctea frente a la estrategia global de reducción de GEI y la información al consumidor

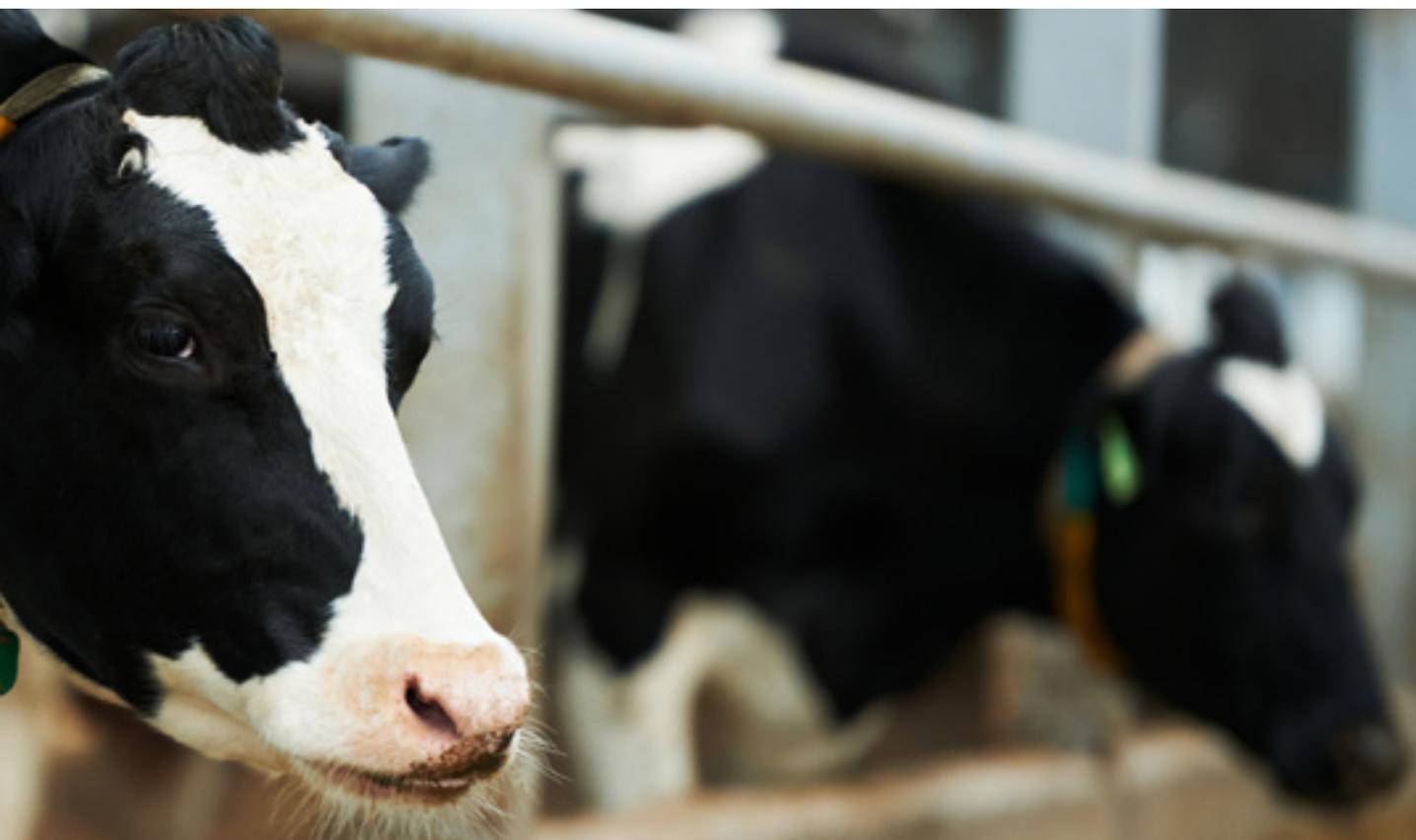
La **estrategia contaminación cero** persigue reducir la contaminación del aire, el agua y el suelo a niveles no perjudiciales para la salud y los ecosistemas, que respeten los límites soportables para nuestro planeta y que creen así un medio ambiente libre de sustancias tóxicas. Se ha materializado en una propuesta de modificación de la directiva de emisiones ambientales.

La **economía limpia y circular** se ha centrado en un impulso al Plan de economía circular existente, que promueve la innovación tanto en los procesos de la industria alimentaria como en la circularidad en el uso de purines y estiércoles y en la generación de energías renovables.

La **estrategia de la biodiversidad** plantea incrementar la superficie de las zonas de protección especial en el conjunto de la UE. La promoción de las energías renovables y la eficiencia en su utilización involucra al conjunto de la cadena de valor agroalimentaria.

En el ámbito de las absorciones se plantea, como gran objetivo, lograr la neutralidad climática en el sector de la tierra en 2035 a escala de la UE. Para ello los Estados miembros deben presentar sus planes nacionales integrados de energía y clima actualizados. Esto significa que es imprescindible recoger **medidas de secuestro de carbono en los suelos**, tanto cultivados como de pastos de aprovechamiento directo.

Los sistemas de producción ganadera han estado regulados, ambientalmente, en el marco de las políticas europeas. Los grandes objetivos de las políticas europeas han sido la prevención de la contaminación del agua, la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos, y en especial el amoníaco, así como los GEI, y en concreto el metano y el óxido nítrico. El **Pacto Verde no ha hecho sino impulsar nuevas normas**, que amplían y aceleran los objetivos y las especies ganaderas objeto de atención.



LA NORMATIVA AMBIENTAL EN GANADERÍA: SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN

A finales de los años noventa se reguló la **aplicación en campo de los estiércoles y los purines**, para prevenir la contaminación por nitratos de las aguas superficiales y profundas. Se definieron las zonas vulnerables a nitratos y se limitó la aplicación de fertilizantes orgánicos. El Real Decreto 47/2022 actualiza los criterios para la definición de zona vulnerable y establece los sistemas de control. Además, el Real Decreto 1051/2022 recoge las normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios y establece exigencias para los agricultores.

Posteriormente, la **Directiva 2010/75, sobre emisiones industriales**, y el **Real Decreto Ley 1/2016 de prevención y control integrados de la contaminación**, que han exigido la solicitud de autorización ambiental integrada y que se ha centrado en las granjas de porcino y aves de mayor tamaño. En ambos casos han tenido que presentar, anualmente, declaraciones de emisiones de GEI y amoníaco. En estos momentos se está discutiendo en la UE, en trilogos, una modificación de la directiva, que reduce el tamaño de las explotaciones de monogástricos que tienen que hacer declaraciones anuales, y obliga a las explotaciones de vacuno intensivas a hacer esas declaraciones.

Desde 2020 se han publicado normas **de ordenación de explotaciones de porcino** (RD 306/20), **avicultura** (RD 637/2021) y **bovino** (RD 1053/2022). Todas ellas tienen la misma estructura:

- Obligan a todas las explotaciones nuevas a implantar estrategias de reducción de las emisiones de GEI y de amoníaco.
- A las explotaciones de mayor tamaño les exigen unas obligaciones de actuaciones para reducir las emisiones.
- Exigen que cada granja cuente con un Plan de gestión ambiental y de lucha contra el cambio climático. En ese plan deben recogerse las tecnologías que cada granja va a aplicar para reducir emisiones.

De manera complementaria se ha aprobado una norma horizontal, específica para España, el RD 988/2022 del 27 de

diciembre, por la que se crea el **ECOGAN**. En él se regula el procedimiento para que las explotaciones ganaderas calculen, hagan el seguimiento y declaren sus emisiones, así como la creación de un registro de esas tecnologías, reconocidas por las administraciones, que les van a permitir reducir las. Las MTD reconocidas para el bovino se han aprobado por Resolución de 18 de julio de 2023.

DEBEMOS OPTIMIZAR EL USO DE SUBPRODUCTOS Y REDUCIR IMPACTOS AMBIENTALES, INCLUYENDO AGUA, ENERGÍA Y NUTRIENTES

El conjunto de normas establece la obligación de los titulares de explotaciones bovinas de comunicar, anualmente, y por primera vez antes del 1 de marzo de 2025, un conjunto de datos de sus explotaciones. Con ellos una herramienta específica calculará las emisiones de la explotación: nitrógeno (N_2), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH_3) y metano (CH_4). Además se calculará el nitrógeno y fósforo total excretado en la explotación. se trata de una herramienta genérica que permite mostrar el avance general de cada granja, con una atención prioritaria en las emisiones de amoníaco y menos en la huella de carbono.

EL FUTURO DE LA CADENA ALIMENTARIA EN EUROPA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Hasta ahora, la normativa ambiental aplicada a la industria alimentaria se ha basado en la exigencia de unas

Capítulo 3

La industria ganadera y láctea frente a la estrategia global de reducción de GEI y la información al consumidor

condiciones específicas a cada uno de los eslabones de la cadena: fábricas de piensos, explotaciones ganaderas, logística y transporte y transformación agroalimentaria. En cada uno de los puntos se ha trabajado para maximizar la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos.

A la vista de lo comentado anteriormente, a partir de la aplicación del Pacto verde, nos vamos a encontrar:

- Una **legislación ambiental mucho más rigurosa** en cada uno de los eslabones de la cadena de valor, que vendrá determinado por la nueva Directiva de emisiones industriales, las declaraciones del ECOGAN o la obligación de adoptar nuevas MTD. En ellas se exigirá la reducción de emisiones de GEI, la mejora de la eficiencia energética, la reutilización y gestión del agua, la valorización de subproductos, la incorporación de materiales reciclables o la minimización de los residuos.
- Una **legislación específica de etiquetado** que recogerá, para cada alimento que se pone a disposición del consumidor, la información sobre su huella ambiental. Dicha etiqueta hará referencia a toda la vida útil de los alimentos, desde la producción y origen de los forrajes y materias primas de los piensos hasta la granja, el transporte o la industria de transformación, recogiendo en el camino los sistemas de manejo de las granjas.

| | g CO ₂ /1g proteína |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Carne vacuno ^a | 642,89 |
| Carne vacuno España ^c | 123,49 |
| Leche de vaca global ^b | 102,94 |
| Leche de vaca ^a | 101,31 |
| Leche de vaca Europa ^b | 71,90 |
| Queso Mozzarella ^a | 83,23 |
| Queso Cheddar ^a | 80,00 |
| Queso Feta ^a | 75,90 |
| Yogur ^a | 96,88 |
| Danone actual (leche) ^d | 51,52 |
| Huevos ^a | 35,20 |
| Bebida de Soja ^a | 28,13 |
| Yogur de Soja ^a | 21,28 |
| Lentejas ^a | 10,08 |

En definitiva, ya no es suficiente con la eficiencia en los procesos productivos de cada eslabón; es necesario pensar en la eficiencia en la utilización de todo tipo de subproductos que se generan en la cadena y en la reducción de impactos, especialmente los relacionados con el agua, la energía, el nitrógeno o el fósforo, optimizando así su uso.

LA IMPORTANCIA DE INFORMAR AL CONSUMIDOR CON DATOS OBJETIVOS

Al final del proceso podremos cumplir con la norma y ofrecer a los consumidores productos con las huellas ambientales, que les servirán para comparar alimentos de la misma categoría. Estos etiquetados no pueden servir para comparar alimentos de diferente categoría, ya que esto requeriría de un cálculo adicional de la huella por unidad nutricional (proteína, vitamina, etc), tal y como se recoge en la [figura 1](#), y se explica con más detalle en el capítulo de este informe, redactado por Agustín del Prado.

La falta de información detallada sobre el impacto ambiental basado en unidades nutricionales es una barrera significativa para la transición hacia sistemas alimentarios más sostenibles, dado que los estudios en este campo aún son incipientes. Aunque la evaluación ACV es una valiosa herramienta utilizada para evaluar la sostenibilidad en diversos contextos, también tiene sus limitaciones y carece de orientación suficiente para abordar conjuntamente los impactos ambientales y nutricionales.

^aClark, 2022

^bPoore y Nemecek, 2018

^cDatos procedentes de la realización del ACV en el sector vacuno de carne en España

^dDatos correspondientes a estudios internos de la cadena de aprovisionamiento de leche de DANONE España

Figura 1. Impactos ambientales de los alimentos con referencia al contenido nutricional



ACERCA DE LOS AUTORES

Raisa Tinitana Bayas

Ingeniera Agroindustrial por la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador) y Máster en Ciencia e Ingeniería de Alimentos de la Universitat Politècnica de València (UPV). Cuenta con 4 años de experiencia como coordinadora del departamento de calidad en la industria láctea Pasteurizadora Quito S.A. Actualmente trabaja en Lainez Biotrends como técnica de proyectos de innovación y sostenibilidad, además de ser estudiante predoctoral en Ciencia y Tecnología de la Producción Animal en la UPV.

Araceli Orozco Mas

Graduada en veterinaria (año 2020) por la Facultad de Veterinaria de la Universidad CEU Cardenal Herrera. Desde entonces, ha trabajado en el área de la investigación en nutrición aplicada a avicultura. Actualmente trabaja como veterinaria en Lainez Biotrends, como coordinadora de proyectos de innovación y sostenibilidad. Además, es estudiante predoctoral en el área de nutrición en producción avícola en la Universidad CEU Cardenal Herrera.

Manuel Lainez

Veterinario por la Universidad de Zaragoza, doctor ingeniero agrónomo por la Universitat Politècnica de València y diplomado en Seguridad alimentaria por la EVESP (Escuela Valenciana de Salud Pública). Ha ocupado cargos importantes en investigación agroalimentaria y fue director del INIA y coordinador del Centro de Investigación y Tecnología Animal del IVIA. Ha participado en proyectos de bioeconomía y economía circular y ha sido miembro de consejos de dirección en organizaciones de investigación agroalimentaria a nivel nacional e internacional.

CON CLU SIO NES

La producción de alimentos contribuye al cambio climático. Al igual que los demás sectores, el conjunto de la cadena de valor debe contribuir a la mitigación.

La UE ha desarrollado una estrategia para reducir emisiones y promover el secuestro de carbono en el conjunto de la cadena alimentaria.

En el nuevo contexto europeo, ganaderos e industrias deberán incorporar medidas para mejorar su desempeño ambiental, reduciendo las emisiones de gases, y mejorando la eficiencia en el uso de los recursos naturales

Los ganaderos españoles deberán hacer una declaración anual de sus emisiones, disponiendo de MTD para reducirlas. Es una herramienta de cálculo pensada en la necesidad de las políticas públicas, pero no en una estrategia específica de cada explotación ganadera.

La comparación de las emisiones de GEI entre alimentos no pueden hacerse por kilo de producto, sino en función de las unidades nutricionales que aporta cada alimento. Es crucial que los estudios de ACV sean específicos para cada región y consideren toda la cadena de valor, incorporando como elemento de comparación los nutrientes aportados por cada alimento, y no parámetros no comparables como el peso del producto.

HERRAMIENTA DE MEDICIÓN HOMOGENEA QUE PERMITA LA COMPARACIÓN DENTRO DEL SECTOR LÁCTEO

AGUSTÍN DEL PRADO

*Basque Centre for Climate
Change (BC3)*

*Basque Foundation for Science
(Ikerbasque)*

BC3 BASQUE CENTRE FOR
CLIMATE CHANGE
Klima Aldaketa Ikergai

ikerbasque
Basque Foundation for Science





INTRODUCCIÓN

Para reducir el impacto en el medio ambiente de cualquier actividad, en este caso la producción de leche, se necesita primero calcular dicho impacto de la forma más precisa posible. Para un impacto medioambiental como las emisiones, sean de GEI o de nitrógeno (por ej. el amoníaco: NH_3), se pueden medir, con mayor o menor detalle, por medio de técnicas de medición de gases *in situ*. Sin embargo, si bien es posible medir las emisiones en algunas fases aisladas de la producción de leche (por ej. el metano procedente del animal), dicha medición en granja podría llegar a ser muy compleja y costosa, con lo que su práctica generalizada sería inviable.

LA MEDICIÓN DE EMISIONES: EL ACV

Como atajo, el sector lácteo puede abordar la tarea de contabilizar las emisiones a través de la utilización de herramientas de medición o cálculo de tipo informático. Hay numerosas y muy variadas herramientas en el mercado, diferenciándose, por ejemplo, en si tienen un objeto más enfocado a la investigación (son más precisas, menos amigables en su utilización y generalmente requieren grandes conocimientos técnicos y de la gestión de las diferentes fases de la producción de leche) o si se utilizan para el cálculo de huella a nivel comercial (menos precisas y específicas, pero más ágiles).



**PUEDEN CALCULAR
SÓLO LAS EMISIONES
PROCEDENTES DE UNA
GRANJA O UTILIZAR UN
ACV DE LA LECHE**

Capítulo 4

Herramienta de medición homogénea que permita la comparación dentro del sector lácteo

También pueden diferenciarse en el alcance (o escala) a la cual se evalúan las emisiones. Por ejemplo, pueden calcular sólo las emisiones procedentes de una granja o ir más allá, y utilizar un ACV de la leche (Del Prado *et al.*, 2021). Para el caso de las emisiones de GEI, este tipo de contabilidad se denomina “huella de carbono”.

El ACV emplea un marco metodológico que permite estudiar los efectos ambientales asociados a un producto, por ejemplo, la leche, a lo largo de su vida útil. En un ACV se consideran todos los procesos importantes durante el ciclo de vida de tales productos, desde la adquisición de materias primas hasta la producción, transporte, uso y eliminación. Este análisis implica recopilar no solo los insumos directos y las emisiones producidas dentro de la explotación. También hay que considerar las emisiones indirectas que se producen en otras partes de la cadena de suministro y consumo (aguas arriba: previa fase a utilizarse un insumo en la explotación, aguas abajo: después de que un produc-

LAS HERRAMIENTAS SON DE UTILIDAD PARA ESTABLECER MEJORAS O INTERVENCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES

to ganadero sale de la explotación). Típicamente, para la producción láctea, “aguas arriba”, implica etapas como la producción de combustibles fósiles y electricidad, la fabricación de fertilizantes y la producción agrícola de cultivos que pueden ser utilizados como alimento externo para los animales. Y, por supuesto, todos los pasos de transporte que puedan ser necesarios para llevar estos productos a la granja. En las etapas “aguas abajo”, se consideran típicamente las emisiones que se pueden producir por el transporte de la leche a la industria transformadora o su procesado. En la mayor parte de los casos, aunque el producto final obtenido sea leche o un derivado de la misma, en las granjas de orientación láctea producen y venden otros co-productos como, por ejemplo, animales para consumo de carne. En estos casos, las emisiones totales calculadas se reparten entre los diferentes productos (por ej. leche y carne) aplicando unos factores denominados “de asignación” que pueden variar según metodologías (Del Prado *et al.*, 2021).

HERRAMIENTAS DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Si bien las herramientas de cálculo de la huella pueden tener elementos en común (por ej. metodologías, bases de datos, factores de asignación, factores de emisión, etc.), es muy difícil que dos herramientas distintas nos den los mismos resultados de huella. Las herramientas de cálculo de la huella disponibles intentan caracterizar lo mejor posible las peculiaridades de cada granja o incluso el detalle de origen y tipo de producción/transporte que ha conllevado la producción de materias primas que se necesitan (por ej. piensos, fertilizantes, etc). Sin embargo, la diversidad en el manejo de las explotaciones es tan grande que es muy difícil que las herramientas recojan con fidelidad todas las peculiaridades de los diferentes tipos de granja.

La base metodológica para muchas herramientas de cálculo de huella de carbono suelen ser las Guías IPCC. Estas guías son una serie de directrices publicadas por IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático), donde se recoge la metodología necesaria para calcular las emisiones de GEI. Si bien la mayoría emplean las guías del año 2006, existen ya herramientas que utilizan las guías más actualizadas

del año 2019 (Gavrilova *et al.*, 2019). Las guías IPCC no son las únicas herramientas existentes. Se pueden utilizar otras metodologías como, por ejemplo, en el caso de España: modelos de granja (por ej. NUTGRANJA: Del Prado *et al.* (2016) o SIMSDAIRY: Del Prado *et al.*, (2013)) (figura 1) o las metodologías empleadas para estimar los inventarios nacionales de GEI en la categoría ganadería para vacuno (Del Prado *et al.*, 2019) u ovino (Yañez-Ruiz D, 2019), por ejemplo.

La mayor utilidad de las herramientas de cálculo de huella es, sin duda, establecer mejoras o intervenciones de mitigación de emisiones “respecto a uno mismo”, aunque cada vez más se utiliza como un elemento de comparación frente a “otros” (benchmarking). Para que el análisis de huellas mediante a este tipo de herramientas pueda cumplir esta función de compararse frente a “otros” existen numerosas limitaciones. Algunas de estas limitaciones son solucionables a través de la armonización de estruc-

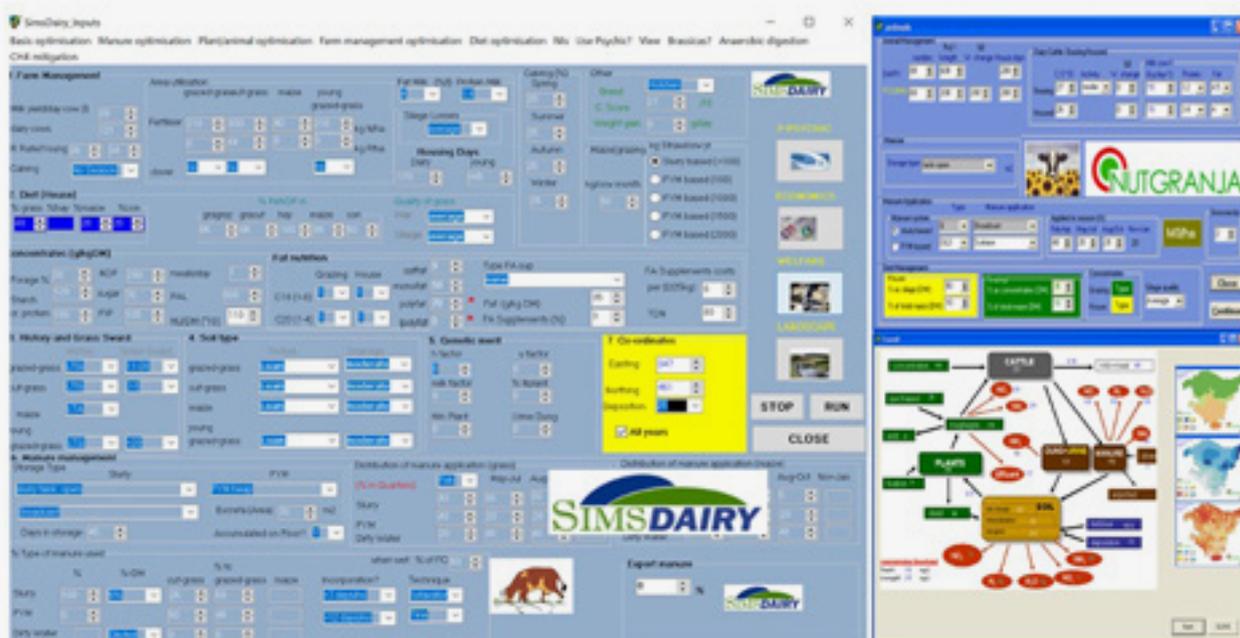


Figura 1. Modelos para el cálculo de emisiones SIMSDAIRY y NUTGRANJA 2.0.

turas y metodologías de las herramientas. Lógicamente, tienen que cubrir las mismas fases de producción de la leche y con un detalle similar. Tienen que ser herramientas transparentes, que nos aporten la suficiente información sobre las asunciones y metodologías utilizadas. Otro aspecto interesante de la herramienta ideal tiene que ser, sin duda, su capacidad para estimar cambios en el sistema productivo que puedan reflejar mejoras en la reducción de emisiones. Podemos estar hablando de medidas relacionadas con la reducción del metano ruminal (por ej. aditivos que reducen el metano), medidas a nivel de gestión de estiércoles y purines (por ej. cubriciones de balsas) o generación de bioenergía (por ej. biodigestión).

**CUANTO MÁS
ESPECÍFICOS SEAN
LOS SISTEMAS DE
CÁLCULO UTILIZADOS,
MÁS DETALLADA SERÁ
LA VISIÓN DE LAS
EMISIONES DE UNA
GRANJA**



LA NECESIDAD DE DESARROLLAR UNA HERRAMIENTA ESPECÍFICA PARA ESPAÑA

Cuanto más específicos sean los sistemas de cálculo utilizados, tendremos una visión más detallada de las posibles emisiones de una granja, que es donde se dan las mayores diferencias en todo el ciclo de producción de los productos lácteos. En este sentido, el potencial desarrollo de una herramienta que permita, por ejemplo, en España, caracterizar y encapsular las principales diferencias de sus distintos sistemas productivos, sería siempre un camino muy interesante a abordar. En el contexto del vacuno en España y dentro de la diversidad inherente al sector se pueden identificar 2 modelos de sistemas productivos con características geográficas muy distintivas (aspecto ya reflejado en los inventarios nacionales de GEI en España, recogidos en las Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo en bovino (Del Prado *et al.*, 2019). En la Cornisa Cantábrica y Galicia, de clima atlántico, predominan explotaciones ligadas al territorio, granjas que producen su propio forraje, que, en fresco o ensilado, sirven para alimentar, en parte, las vacas estabuladas. En el resto de España, con un clima menos productivo por hectárea, la mayor parte de las explotaciones compran los forrajes y piensos y no tienen tierras asociadas a las mismas. Considerando que las herramientas generalmente se han desarrollado usando metodologías para las ganaderías más intensivas, sería también conveniente si las nuevas herramientas pudieran incorporar aspectos que permitieran afinar en el cálculo de emisiones de los sistemas productivos más minoritarios, con manejos más heterogéneos, y generalmente basados en menores insumos (por ej. producción en pastoreo o en ecológico).

LOS CÁLCULOS DE EMISIONES EN ESPAÑA

En España, conviene destacar una serie de estudios de huella de carbono publicados en relación con la producción de leche de vaca donde se analizan las emisiones desde la cuna (por ejemplo, incluye etapas de producción y transporte de piensos o fertilizantes) hasta la puerta de la granja. Dentro de los estudios existentes hay bastante diversidad. De este modo se han encontrado valores medios en los estudios desde 0.99 hasta 1.78 kg CO₂-e/kg leche (Del Prado *et al.*, 2022). Estos valores serían ostensiblemente menores a los valores medios mundiales obtenidos por el ampliamente citado estudio sobre huellas medioambientales de la alimentación de Poore y Nemecek (2018) (2.2 kg CO₂-e/kg leche si contabilizamos sólo las emisiones desde la cuna a la salida de la granja).

Los sistemas más extensivos, además de presentar gran heterogeneidad en sus condiciones de manejo, tienen aspectos relacionados con sus emisiones asociadas que aún

no están suficientemente capturados en las actuales herramientas de cálculo de huella. Por ejemplo, la potencial acumulación de carbono en tierras pastoreadas asociadas a explotaciones ganaderas. La ganadería ligada al territorio gracias a su actividad puede contribuir a que los pastos y praderas permanentes absorban carbono, cuestión que generalmente no se contempla. Estos sumideros de carbono podrían compensar parte de las emisiones que se generan en la explotación. En España, de hecho, se ha estimado que la ganadería de vacuno de leche podría contribuir en la zona Atlántica a acumular carbono en suelos con una tasa anual de aproximadamente 200 kg C/ha año (Jebari *et al.*, 2022). En estudios en España para otras especies (oveja y cabra) se ha visto que en condiciones de manejo extensivos se puede compensar hasta un 55% y un 39% de la huella de C a través del secuestro de C potencial para leche de oveja y de cabra, respectivamente (Del Prado *et al.*, 2022).

ACERCA DE LOS AUTORES

Agustin del Prado

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad del País Vasco. Es profesor de investigación Ramón y Cajal e investigador Ikerbasque Asociado en el BC3 (centro Vasco para el estudio del cambio climático). Autor principal del IPCC del informe "Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" y coordinador de los documentos zootécnicos para el cálculo del balance de nitrógeno y fósforo en el vacuno de España.

CON CLU SIO NES

Las emisiones medias estimadas de GEI en España oscilan entre 0.99 y 1.78 kg CO₂-e/kg leche. Esta huella de carbono está por debajo de los valores medios mundiales, que se encuentran en torno a 2,2. En estas cifras no se incluyen los valores de secuestro de carbono en el suelo.

Cuando una granja quiere desarrollar una estrategia de descarbonización la primera fase es calcular sus emisiones. La metodología para realizar la medición de la huella de carbono es el ACV, que calcula todas las huellas ambientales de la cadena de valor de un producto lácteo, contabilizando todo lo que ocurre desde la producción de forrajes y piensos hasta la industria de transformación, e incluso la puesta a disposición del consumidor.

Existen diversas herramientas disponibles en el mercado para calcular la huella de carbono, todas basadas en las directrices del IPCC. Estas herramientas son útiles para monitorear la evolución dentro de una granja, pero presentan limitaciones al intentar comparar diferentes granjas entre sí. Por esta razón, se recomienda el desarrollo de una herramienta específica y adaptada a los modelos de producción españoles, especialmente aquellos que son más minoritarios y heterogéneos. Esta iniciativa permitiría obtener una medición más precisa y adecuada a las características únicas de cada sistema de producción ganadera en España.

**SE RECOMIENDA
EL DESARROLLO DE
UNA HERRAMIENTA
ESPECÍFICA Y
ADAPTADA A
LOS MODELOS
DE PRODUCCIÓN
ESPAÑOLES,
ESPECIALMENTE
AQUELLOS QUE SON
MÁS MINORITARIOS
Y HETEROGÉNEOS**

LA MEDICIÓN DEL IMPACTO DEL CO₂ DE LA LECHE EN COMPARACIÓN CON SU APORTE NUTRICIONAL COMO PALANCA DE DIFERENCIACIÓN

AGUSTIN DEL PRADO

*Basque Centre for Climate
Change (BC3)*

*Basque Foundation for Science
(Ikerbasque)*

BC3 BASQUE CENTRE FOR
CLIMATE CHANGE
Klima Aldaketa Ikergai

ikerbasque
Basque Foundation for Science



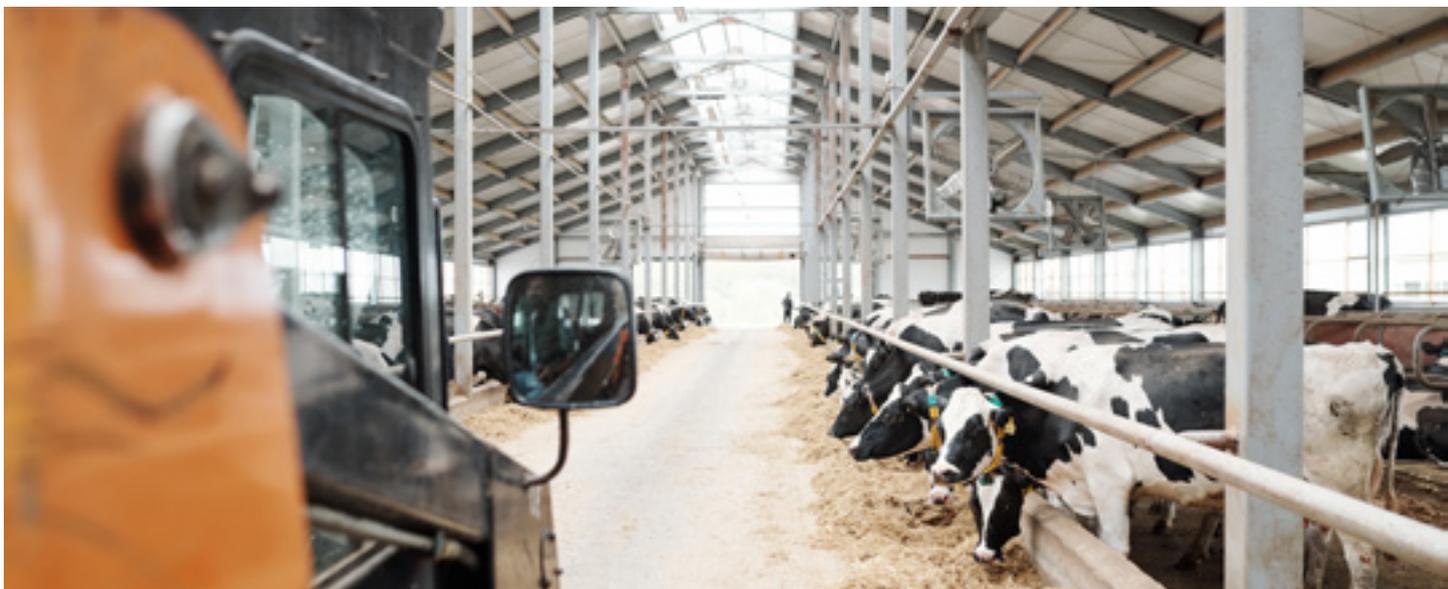
INTRODUCCIÓN

Un aspecto importante a la hora de expresar los resultados de una medición de impacto de la huella de carbono de un producto como la leche o derivado es la unidad de referencia sobre la que se expresan las emisiones (o el denominador de la expresión de la huella: kg de producto en el caso de una huella expresada por kg de alimento: kg CO₂-e/kg alimento), es decir la unidad funcional. La unidad funcional es la medida de la función principal del sistema estudiado y da una referencia de cuáles son las entradas y salidas relacionadas. Permite la comparación de dos sistemas diferentes en base a esa unidad funcional. En el caso de la leche, como sería el caso de otros alimentos, su principal función sería brindar nutrición a las personas, por lo que, idealmente, si planeamos hacer

comparaciones, por ejemplo, con otros alimentos o incluso leches con diferente composición (leche de vaca vs. leche de oveja), nuestra unidad funcional debe capturar no solo los aspectos de cantidad sino también de calidad, que reflejarían diferencias en la composición o valor nutricional de nuestros productos.

Como se puede presagiar, encontrar una unidad funcional adecuada para hacer comparaciones entre alimentos no es tarea fácil y los resultados serán muy distintos si se expresan por kg de producto, energía, valor proteico o incluso si utilizamos métricas más sofisticadas que encapsulan la densidad nutricional de los alimentos.





LAS UNIDADES DE REFERENCIA DE MEDICIÓN DE HUELLAS

Lógicamente, la forma menos matizada de expresar la medición del impacto de huella de carbono sería expresando la huella por kg o por litro (en el caso de la leche). Sin embargo, una representación de emisiones de CO₂ por kilogramo de producto no tiene en cuenta la cantidad y la calidad de los nutrientes en el alimento. Estas formas de comparar huellas de carbono podrían tener cierto sentido sólo cuando consideramos a la leche como un mero blanqueador de café o té sin tener en cuenta su aportación nutricional.

Sin embargo, ya incluso en los estudios donde se comparan las huellas de la leche que provienen de diferentes explotaciones, se utiliza generalmente como unidad funcional el kg de leche normalizada en grasa y proteína. Para hacernos una idea de la importancia de este ajuste: entre 35 ganaderías de vacuno de leche de una provincia en Bizkaia donde los manejos son bastantes similares, Mas *et al.*, (2016) encontraron contenidos en grasa y proteína en la leche en rangos entre 33-39 g y 30-34 g por cada kg de leche, respectivamente. Estas diferencias hicieron que la huella expresada por kg de leche normalizada en grasa y proteína variara respecto a la expresada en litro de leche desde cero a 15% de su huella de carbono. También

es importante normalizar el valor de la proteína y la grasa utilizando la referencia más adecuada. Por ejemplo, si para una leche de oveja o cabra se usa una normalización basada en leche de vaca, se ha visto una sobreestimación de los valores de huellas de hasta un 40% en estudios recientes en España (Gutiérrez-Peña, *et al.*, 2019; Pardo, *et al.*, 2022).

UNA COMPARACIÓN ENTRE LECHE Y BEBIDAS ALTERNATIVAS

Cuando comparamos alimentos con densidades nutricionales muy diferentes el ajuste de la unidad funcional es aún más importante si cabe para el establecimiento de comparativas justas. Si ponemos como ejemplo la comparativa de huellas de bebidas de origen vegetal frente a la leche de origen animal, vemos como las bebidas de origen vegetal a menudo son comercializadas y utilizadas por los consumidores como alternativas a las leches de rumiantes, en particular la leche de vaca. Sin embargo, muchas investigaciones han establecido que existe una variación en la composición nutricional entre estos productos, además de demostrar que en gran medida no son sustitutos nutricionales directos de la leche. Una de las figuras más utilizadas que compara la huella de carbono de un kg de leche es la siguiente:

Capítulo 5_

La medición del impacto del CO₂ de la leche

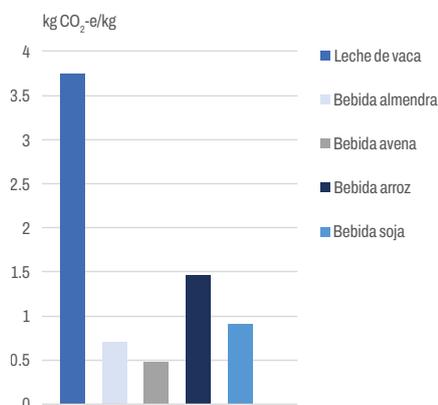


Figura 1. Huella de carbono de la leche de vaca frente a diferentes bebidas vegetales (huella medida desde la cuna a la puerta del comercio y expresada por kg de producto)

Fuente:
<https://ourworldindata.org/> (basado en el estudio de Poore & Nemecek, 2018)

En la figura 1 se compara la huella de carbono a nivel mundial de diferentes bebidas vegetales frente a la de la leche de vaca medida desde la cuna a la puerta del comercio (incluye emisiones de la planta de procesado o comercialización, pero no las de la fase donde se cocina o, parte se podría desechar). Sin embargo, si expresamos la huella dependiendo de diferentes unidades funcionales que representan la diferente densidad macro-nutricional (por ej. proteína, energía o grasa) tendríamos una diferente comparativa entre las huellas de las diferentes bebidas vegetales en comparación con la leche de vaca (figura 2). Especialmente, la comparativa en función de las proteínas que proveen representaría un resultado muy distinto. Estas gráficas, conviene además matizar que, para la leche de vaca, no representarían el valor de las huellas estudiadas en España, que serían entre un 20-55% menores (Del Prado *et al.*, 2022).

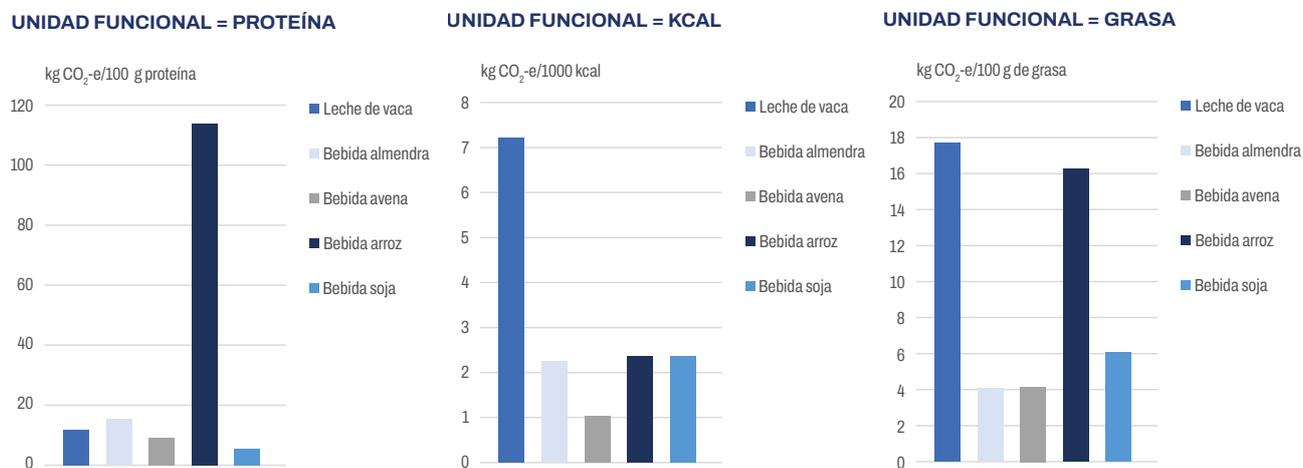


Figura 2. Huella de carbono de la leche de vaca frente a diferentes bebidas vegetales (huella medida desde la cuna a la puerta del comercio y expresada en kg CO₂-e por 100 g de proteína o grasa y 1000 kcal)

Fuente:
<https://ourworldindata.org/> (basado en el estudio de Poore & Nemecek, 2018)

LA IMPORTANCIA DEL VALOR BIOLÓGICO DE LOS NUTRIENTES Y LOS MICRONUTRIENTES

Las proteínas o grasas de origen animal o vegetal no contienen los mismos micronutrientes y no se absorben de igual forma en nuestro metabolismo. Por ello, aunque nos de una mayor información frente a la comparativa por peso, no deberíamos incluir macronutrientes en las comparativas de huella a través de la unidad funcional que representa la cantidad de proteínas, grasas o energía. Los productos animales contribuyen significativamente a la ingesta de nutrientes importantes, como, por ejemplo, proteínas de alta calidad, vitaminas A, B2 y B12, calcio, magnesio, etc. Estos nutrientes no se encuentran de forma natural o con frecuencia en los alimentos de origen vegetal. Es decir, gramo por gramo, las proteínas de los lácteos y otras fuentes de alimentos provenientes de animales son, en general, las más eficientes. En otras palabras, las comparaciones simples "basadas en la masa" de los alimentos que contienen proteínas son insuficientes para obtener una visión general realista de su huella ambiental y su contribución a los sistemas alimentarios sostenibles en general.

LA INCORPORACIÓN DE LOS NUTRIENTES EN LOS CÁLCULOS DE IMPACTOS AMBIENTALES

Con el fin de ajustar aún más la función nutricional de los alimentos, se han dado ya los primeros pasos para cerrar esta brecha al incorporar en la unidad funcional parámetros nutricionales más sofisticados dentro de la subdisciplina del ACV nutricional, también denominada nLCA (por sus siglas en inglés: nutritional Life Cycle Analysis). La evaluación del ciclo de vida nutricional (nLCA) es un método que combina la evaluación del ciclo de vida (LCA en inglés) con el análisis nutricional para evaluar los impactos ambientales de los sistemas de producción de alimentos al mismo tiempo que considera su calidad nutricional. Su objetivo es proporcionar una comprensión integral de las implicaciones ambientales y nutricionales de la elección de alimentos y los sistemas de producción. El método puede ayudar a identificar oportunidades para mejorar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios y, al mismo tiempo, garantizar que proporcionen una nutrición adecuada para la salud humana. El nLCA es todavía un campo en desarrollo, y se necesita investigación en curso para refinar la metodología y desarrollar bases de datos de inventario de ciclo de vida específicas para la región para la alimentación y la agricultura.



En el reciente informe de la FAO sobre nLCA (McLaren *et al.*, 2021) se nos indica que la unidad funcional en un estudio nLCA se puede definir de muchas maneras incluyendo: una cantidad de uno o más nutrientes, un valor de densidad de nutrientes (calculado usando un índice de nutrientes), un valor corregido por calidad y cantidad de nutriente(s), u otra propiedad nutricional (como el contenido de energía). Además, al evaluar la nutrición se deben tener en cuenta el valor nutricional, la cantidad de nutrientes (tratando por separado los diferentes tipos que habría que promover o limitar, como el calcio o el sodio respectivamente) y los no-nutrientes que contribuyen a la nutrición (como la fibra dietética).

Como ejemplo de estudios recientes y para el caso de la densidad proteica, McAuliffe *et al.* (2023) plantean la utilización de unidades funcionales que intentan evaluar la calidad de la proteína presente en los alimentos. En este caso, usan el índice de aminoácidos indispensables digeribles (en inglés DIAAS, por las siglas Digestible Indispensable Amino Acid Scores). Usando este método la

comparativa entre la huella de carbono entre alimentos de origen animal frente a los de origen vegetal se reducen a la mitad comparando con el uso de una unidad funcional expresada como cantidad de proteínas.

El DIAAS es un método de calidad proteica propuesto por la FAO que determina la digestibilidad de los aminoácidos, al final del intestino delgado, proporcionando una medida más precisa de las cantidades de aminoácidos absorbidos por el cuerpo y la contribución de la proteína a los requerimientos humanos de aminoácidos y nitrógeno. Según este índice, el sistema de puntuación DIAAS (en %) indicaría que alimentos que puntúan más de 100 contienen una proteína de calidad "excelente", de 75-99 tendríamos una proteína de "buena" calidad y un índice de menos de 75 nos indicaría una proteína de calidad "mala". Una puntuación DIAAS de 100 o más, como la que se encuentra en la leche, refleja el hecho de que todos los aminoácidos necesarios para la salud humana están presentes en la comida. Generalmente, las proteínas vegetales tienen valores DIAAS inferiores a 75.

LA COMPARACIÓN ENTRE LECHE Y BEBIDAS ALTERNATIVAS, CONSIDERANDO LA DIGESTIBILIDAD DE LOS AMINOÁCIDOS



Si usamos estos valores de DIAAS en la comparativa anterior entre la huella de carbono de la leche de vaca frente a bebidas vegetales obtenemos un resultado aún más distinto al que podríamos encontrar en la comparativa en base a cantidad de proteínas. Un ejemplo usando valores de índices DIAAS para adultos que produjeron Walther *et al.* (2022) serían: Leche de vaca: 145%, bebida de almendra: 39%, bebida de avena: 59.1%, bebida de arroz: 43.1% y bebida de soja: 107.6%. Estos índices resultarían en huellas de carbono más bajas que la de la leche de vaca excepto para el caso de la bebida de soja. Si ajustamos los datos de huella de carbono de la leche en España (Del Prado *et al.*, 2022), los resultados serían muy similares a los de la bebida de soja, especialmente cuando se comparan con los valores más bajos de la huella de carbono de la leche de vaca en España (figura 3).

UNIDAD FUNCIONAL = 100 G DE PROTEÍNA CORREGIDA (%DIAAS)

kg CO₂-e/100 g proteína corregida por DIAAS

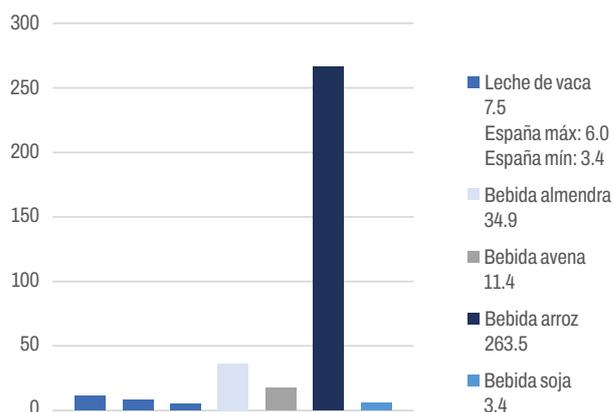


Figura 3. Huella de carbono de la leche de vaca (media mundial y mínimo y máximo medido en España) frente a diferentes bebidas vegetales (media mundial) medida desde la cuna a la puerta del comercio y expresada en kg CO₂-e por 100 g de proteína corregida por DIAAS.

Fuentes de valores mundiales: <https://ourworldindata.org/> (basado en el estudio de Poore & Nemecek, 2018).

Fuentes de valores de vacuno de leche de España: Del Prado *et al.*, 2022.

ACERCA DE LOS AUTORES

Agustín del Prado

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad del País Vasco. Es profesor de investigación Ramón y Cajal e investigador Ikerbasque Asociado en el BC3 (centro Vasco para el estudio del cambio climático). Autor principal del IPCC del informe "Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" y coordinador de los documentos zootécnicos para el cálculo del balance de nitrógeno y fósforo en el vacuno de España.

CON CLU SIO NES

Si queremos comparar las huellas ambientales de diferentes alimentos es necesario expresar el valor en función de unas unidades comparables. Normalmente se expresan por kg de producto; sin embargo, no se tiene en cuenta ni la cantidad ni la calidad de los nutrientes que contienen esos alimentos. Para poder hacer esa comparación es imprescindible tener en consideración las densidades nutricionales de cada uno de los grupos de alimentos.

La solución pasa por referir la huella de carbono en función de un nutriente específico de un alimento, ya sea por kg de proteína o por Kg de aminoácidos absorbibles en el aparato digestivo.

LA COMPARACIÓN DE LAS HUELLAS AMBIENTALES DE ALIMENTOS REQUIERE UNIDADES DE REFERENCIA COMPARABLES, COMO LA CANTIDAD Y CALIDAD DE NUTRIENTES

LOS ALOJAMIENTOS Y LA INFRAESTRUCTURA, COMO CLAVE PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES Y LA SOSTENIBILIDAD

**FERNANDO ESTELLÉS Y
SALVADOR CALVET**

*Instituto de Ciencia y Tecnología
Animal de la Universitat
Politécnica de València*



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INTRODUCCIÓN

Dentro de las estrategias encaminadas a la reducción de emisiones de GEI, las relacionadas con la gestión de los alojamientos y la infraestructura en la propia granja son competencia directa de la propiedad de la instalación, lo que reduce la dependencia de agentes externos en la toma de decisiones.

Estas estrategias permiten una reducción de emisiones entre media y moderada dependiendo de la situación inicial de la granja. Dentro de este grupo de medidas, ordenadas de menor a mayor potencial para alcanzar los objetivos de descarbonización se pueden identificar tres bloques:

- A/** Medidas relacionadas con la eficiencia energética.
- B/** Medidas relacionadas con la mejora de los alojamientos.
- C/** Medidas relacionadas con la gestión de las deyecciones en la propia granja.

A continuación, se definen en detalle las medidas para cada uno de los bloques.

ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En la producción ganadera, la energía total consumida puede dividirse entre energía directa e indirecta. La primera es la energía directamente empleada en los procesos productivos, mientras que la segunda hace referencia a la energía necesaria para fabricar las instalaciones y demás insumos de la granja. Estos requerimientos de energía se nutren con diferentes fuentes, ya sea térmica o eléctrica, cada una con sus correspondientes emisiones asociadas de CO₂ equivalente. En granjas de vacuno lechero se ha descrito que los principales consumos se asocian al control ambiental (cuando existen sistemas de refrigeración), gestión del estiércol (a través de los sistemas de recogida y transporte de las deyecciones), alimentación (durante la preparación y reparto de las raciones), ordeño y refrigeración de la leche. En su conjunto, se estima que en la producción vacuna lechera el consumo energético en granja supone un porcentaje pequeño, cercano al 2% de la emisión total de GEI asociada a la cadena de suministro (Constantino *et al.*, 2023). Como en cualquier proceso, el primer paso para reducir la huella asociada al uso de la energía pasa por la optimización de procesos para evitar consumos que no redunden en la mejora productiva o del bienestar de los animales. Con los sistemas optimizados, el uso de energías renovables se establece como una alternativa para mitigar el impacto de este consumo energético.

La implementación de sistemas de obtención de energía térmica o eléctrica tiene un potencial muy relevante para la reducción del impacto asociado a los procesos. La instalación de sistemas fotovoltaicos o el uso de biomasa o biogás para la generación de energía térmica son opciones viables actualmente desde el punto de vista técnico. En cualquier caso, debe considerarse también el impacto que pueden tener



LA ENERGÍA TÉRMICA O ELÉCTRICA SON RELEVANTES PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO ASOCIADO A LOS PROCESOS

estas medidas en el balance económico de la granja (tanto positivo como negativo, dependiendo de los casos) considerando el reducido margen de mejora que tiene este proceso sobre la huella de carbono total del proceso.

ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA MEJORA DE LOS ALOJAMIENTOS

En explotaciones que no tienen acceso a tierras de pastoreo, las instalaciones de los animales adquieren un mayor protagonismo para optimizar el bienestar de los animales y su salud. En este sentido, las instalaciones deben permitir que los animales dispongan del espacio suficiente para el descanso, así como el acceso al alimento y bebida.

En zonas cálidas es imprescindible proveer a los animales de suficiente superficie sombreada para aliviar las consecuencias del estrés térmico. Además, la incidencia del sol sobre las camas o deyecciones también presenta un efecto directo sobre las emisiones de gases de las mismas y la pérdida de nutrientes. La presencia de sistemas de refrigeración evaporativa (e.g. duchas en zona de espera al ordeño) permiten reducir también los efectos del estrés por calor, optimizando la producción de los animales. El uso de ventiladores en los corrales también facilita la eliminación de calor por parte de los animales, aliviando el estrés térmico. Estos sistemas pueden ayudar también al secado del lecho en el caso de utilizar sistemas de alojamiento con cama, lo que tiene un efecto beneficioso sobre las emisiones de GEI y de amoníaco.

ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE DEYECCIONES

Es importante diferenciar entre las tres fases de la gestión de deyecciones que se producen en el seno de la granja en función de la localización del mismo: 1) alojamiento, 2) almacenamiento y 3) tratamiento.

1.

Gestión de deyecciones en los alojamientos

La primera fase de la gestión de deyecciones tiene que ver con la recogida de las mismas tras su excreta por parte de los animales. Encontraremos aquí sistemas de recogida de deyecciones con o sin cama que generarán estiércoles sólidos o líquidos respectivamente.

En general, en términos de emisiones de GEI, los sistemas de alojamiento sin cama que implican la generación de estiércoles líquidos pueden llevar a una mayor tasa de emisión de GEI en el propio alojamiento y en la gestión posterior de las deyecciones. Aunque como se verá posteriormente, también pueden tomarse medidas para la reducción de estas emisiones, entre ellas, la retirada frecuente de las deyecciones del alojamiento, reduciéndose así el tiempo de contacto de los purines con el ambiente y mitigando, por tanto sus emisiones. En el caso de utilizar sistemas de alojamiento con cama, podemos encontrar dos escenarios. Si se utilizan sistemas de cama caliente, debe mantenerse la cama lo más seca posible, controlando la adición de paja en función de las necesidades y aumentando, en la medida de lo posible, la frecuencia de retirada de la cama. Si se utiliza un sistema de aireación de la cama (volteo, cama fría, etc.), se mejoran determinados parámetros sanitarios de los animales (por ej. mastitis o cojeras), pero se incrementan de forma sensible las emisiones de N_2O . En este caso, es recomendable que el proceso derive en una cama con la menor humedad posible, lo que implica intensificar el volteo de la cama en función de las condiciones ambientales. De igual modo que en el caso de disponer de purines, el almacenamiento durante largos periodos de tiempo de la cama profunda ocasiona mayores emisiones de N_2O , CH_4 y NH_3 . Retirar frecuentemente la cama, al menos una vez al mes, evitaría esos gases en la instalación ganadera. Es especialmente recomendado evitar el almacenamiento de estiércol durante los meses más cálidos.

2.

Almacenamiento de las deyecciones

En el caso de gestionar estiércoles líquidos, las balsas de purines son fuentes relevantes de CH_4 . Cubrir estas balsas evita la emisión descontrolada de este gas. Esta técnica funciona mejor cuando la cubierta es completamente impermeable y se equipa la balsa con un sistema de recuperación del gas o con una llama piloto que quema la mezcla de gases producida para evitar la rotura de la cubierta. Si la cubierta no es impermeable (por ej. la formación de costras naturales o la adición de cubiertas orgánicas como paja), el efecto es más incierto. Las fosas de purín pueden presentar una costra de grosor variable en su superficie y la presencia de dicha costra se ha relacionado con la reducción de las emisiones de NH_3 y olores desagradables. La costra evita el contacto del purín con la atmósfera, disminuyendo la circulación de aire sobre la superficie emisora. La forma y el grosor de costra más efectivos siguen siendo desconocidos, así como los factores que promuevan o aceleren su formación. No obstante, se considera que factores como (i) el uso de material de las camas (serrín, paja, etc), (ii) la nutrición, (iii) el tipo de llenado de la fosa (superior o inferior), (iv) la frecuencia de llenado de la fosa, o (v) las condiciones climáticas, afectan en su formación. Las emisiones de CH_4 pueden verse también reducidas por la creación de zonas aeróbicas en los primeros cm de la superficie, donde el CH_4 se convierte en CO_2 por la acción de las bacterias metanotróficas. Por el contrario, puede contribuir a aumentar las emisiones de N_2O (0,005 kg $\text{N-N}_2\text{O}$ kg N purín) debido a la creación de estas zonas aeróbicas y anaeróbicas, las cuales dan lugar a los procesos de nitrificación y desnitrificación.

Por otro lado, al reducirse la pérdida de nutrientes en el purín, su capacidad como fertilizante se incrementa, pudiendo reducir así el uso de fertilizantes sintéticos. Por otro lado, al aumentar el contenido en nitrógeno del purín, las emisiones de N_2O durante la aplicación al campo pueden ser mayores si no se toman medidas. Asimismo, con esta medida se reducen otros efectos adversos como las emisiones de NH_3 y los olores.

En el caso de almacenar estiércoles sólidos, las actuaciones sobre los mismos presentan un efecto más limitado en las emisiones. No obstante, es recomendable, por la posible contaminación del entorno, su conservación sobre una superficie de hormigón, o de un suelo compacto e impermeable en su defecto. En ambos casos, es conveniente

recoger los drenajes mediante una canaleta, para su almacenamiento en un depósito específico. Es conveniente cubrir el estercolero con una cubierta, con independencia de la recomendación de cubrir el propio estiércol con paja o con un plástico flexible para evitar el contacto directo con el aire. Al reducir el contacto directo entre el estiércol y el aire, se mitiga la emisión de gases y la consecuente pérdida de nutrientes. Proteger los estercoleros con una cubierta, para impedir la acción directa del sol, introducirlos dentro de un cobertizo o cubrir la superficie del estiércol reducen también las emisiones al reducirse su temperatura.

3.

Tratamientos de las deyecciones

En este apartado se recogen diversos tratamientos disponibles para la valorización de deyecciones que reducen, o permiten la reducción posterior de las emisiones de GEI.

En explotaciones con sistemas de recogida de purines líquidos, se puede instalar un sistema que permita separar la fracción sólida de los mismos, permitiendo hacer una gestión diferenciada de las dos fracciones. Esta técnica incluye un variado abanico de tecnología que permite separar en mayor medida los componentes sólidos del purín (heces y restos de cama) de la fase líquida (agua y elementos disueltos). Esa separación es más o menos eficiente según la tecnología utilizada (a tecnología más costosa, mejor separación). Para ser efectivo debe realizarse cuanto antes, idealmente sobre purín recién excretado o almacenado poco tiempo. Este tratamiento no afecta por sí mismo a las emisiones, pero puede facilitar el tratamiento de las fases separadas para reducir la emisión de gases en su conjunto. La fase sólida puede someterse a un proceso de compostaje en la que el mayor riesgo a considerar es la posible emisión de N_2O . Por su parte, la reducción del contenido en materia orgánica de la fase líquida reduce las emisiones de CH_4 debidas a la fermentación anaerobia en las balsas o lagunas. Dada la amplia tipología de separadores existentes, los resultados dependen del separador utilizado.

El compostaje es un tratamiento aeróbico que se aplica sobre los montones de estiércol, y cuyo producto final es un abono orgánico estabilizado denominado compost. También es posible compostar las fracciones sólidas derivadas de la separación sólido-líquido de los purines. Los principales beneficios del compostaje para las explotaciones ganaderas son (i) la disminución del volumen de material orgánico a gestionar (almacenamiento y aplicación), (ii)

Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

la obtención de un producto con unas características físico-químicas homogéneas, (iii) una mayor concentración de nutrientes, (iv) la disminución eficaz de los patógenos, y (v) la reducción de los problemas derivados del olor.

Respecto a un almacenamiento de sólidos estándar, este sistema reduce a la mitad las emisiones de CH_4 (que son una fuente menor de emisiones en granjas de estas características). Las emisiones de N_2O no se ven afectadas significativamente respecto al mismo sistema de referencia.

Siendo el producto final (compost) un abono estabilizado en términos de N (elevada concentración de N orgánico de liberación lenta), las emisiones de N_2O tras la aplicación del compost en campo se reducen de manera significativa, pudiendo compensar las emisiones acumuladas durante el proceso de compostaje (Pardo *et al.*, 2015)

En cualquier caso, debe considerarse también que el compostaje se relaciona principalmente con el aumento de las emisiones de NH_3 debido a la mineralización del N orgánico durante el propio proceso. Las emisiones de NH_3 pueden suponer hasta un 45% del contenido inicial del N en el estiércol. También se han descrito emisiones de N_2O debido a los procesos de nitrificación y desnitrificación, pero su magnitud durante el compostaje es significativamente inferior al observado en las emisiones de NH_3 . Las emisiones nitrogenadas pueden reducirse de manera significativa (i) cubriendo el montón para limitar la transferencia interna de aire, (ii) evitando un excesivo número de volteos, (iii) controlando el sistema de aireación, (iv) aplicando estructurantes que mejoren la relación C/N o (iv) mediante la compactación del montón de estiércol.

De igual modo que se señalaba anteriormente, al ser el compost un abono estabilizado en términos de N (elevada concentración de N orgánico de liberación lenta), las emisiones de NH_3 se reducen de manera muy significativa.

La digestión anaerobia es un sistema de tratamiento que potencia la producción de metano procedente del estiércol, en condiciones controladas, con el objetivo de aprovecharlo para la obtención de energía mediante su combustión, habitualmente en un motor de cogeneración (produciendo energía térmica y eléctrica). Es habitual requerir la co-digestión con otros sustratos, idealmente de disponibilidad local, que complementan el potencial de los purines para generar biogás. Este tratamiento reduce las emisiones de metano del estiércol líquido al producirse

estas en condiciones controladas. Adicionalmente supone una fuente de energía renovable y limpia, pues a diferencia de los combustibles fósiles el CO_2 producido es de origen biogénico.

Es importante someter el purín al proceso de digestión anaerobia lo antes posible para evitar emisiones de CH_4 no controladas. Potencialmente puede reducir en gran medida la emisión de metano procedente del purín. En cambio, no tiene sentido su aplicación a estiércol sólido con el objetivo de reducir las emisiones de metano dada la falta de humedad del mismo que no permite el desarrollo del proceso.

En cualquier caso, hay que considerar que el proceso de digestión anaerobia no reduce la carga de nitrógeno del



estiércol, y no necesariamente reduce las emisiones de amoníaco (Kupper *et al.*, 2020). Además, requiere un esfuerzo de gestión adicional con mano de obra cualificada, tanto del propio proceso de digestión como de la gestión de los sustratos utilizados y los efluentes o digestatos.

Finalmente, es posible utilizar aditivos que inhiben la emisión de GEI por parte de las deyecciones, fundamentalmente en el caso del N_2O .

Existen dos tipos de aditivos inhibidores:

- Inhibidores de la nitrificación: que inhiben la oxidación de NH_4^+ a NO_3^- . Los animales que reciben estos inhibidores con el alimento lo excretan sin alterar la orina, por lo que pueden ejercer su función sobre las excretas.
- Inhibidores de la ureasa: impiden el paso de urea a amonio, por lo que presentan gran potencial para reducir las pérdidas de NH_3 por volatilización. Estos inhibidores se han aplicado tanto al suelo como al estiércol almacenado.

El uso de inhibidores de la nitrificación reduce las emisiones de N_2O asociadas a la orina en más de un 60% y puede aumentar la producción de pastos cuando se utilizan con animales en pastoreo. Los inhibidores de la ureasa reducen la volatilización de NH_3 , ya que éste no llega a formarse y, por tanto, también las de N_2O , al ser el NH_3 un precursor de éste. Estos inhibidores de la nitrificación reducen de forma directa la emisión de NH_3 , pero pueden aumentar el amonio disponible en el suelo, por lo que provocaría un aumento de las volatilizaciones de este gas a largo plazo.





ACERCA DE LOS AUTORES

Fernando Estellés

Dr Ing Agrónomo, Profesor Titular e investigador en el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universitat Politècnica de València. y miembro de la Red Remedía sobre mitigación de gases de efecto invernadero en el sector agroforestal. Especialista en la mitigación de impactos ambientales de la ganadería. El principal objetivo de su investigación es tratar de identificar los sistemas de producción y técnicas de manejo que permitan desarrollar una producción de alimentos sostenible en el tiempo y que optimice el uso de los recursos.

Salvador Calvet Sanz

Ingeniero Agrónomo y Doctor por la Universitat Politècnica de València. Especializado en medición de emisiones atmosféricas en ganadería y en evaluación de estrategias de reducción de emisiones. Es director del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la UPV y actualmente es coordinador de la Red REMEDIA (Red Científica de Mitigación de Emisiones de Gases Efecto Invernadero en el Sector Agroforestal).

CON CLU SIO NES

La gestión adecuada de los desechos en las granjas representa una valiosa oportunidad para avanzar en la descarbonización del sector del ganado lechero. En el caso de camas, calientes o frías, es recomendable mantenerlas lo más secas posible mediante la adición de paja seca o volteos. Tanto para el estiércol como los purines, se aconseja retirarlos con frecuencia, al menos una vez al mes. Las fosas y balsas de purín deben estar cubiertas, preferiblemente con materiales impermeables y con la costra.

Existen diferentes tratamientos para las deyecciones, como la acidificación de los purines, la separación sólido-líquido o el compostaje posterior de los sólidos o estiércoles. Durante este proceso, es importante limitar los volteos, controlar la aireación y cubrir las pilas. Otras alternativas de interés son la digestión anaerobia para la producción de biogás o la adición de inhibidores de la nitrificación de la ureasa.

Además, mejorar la eficiencia en el uso de la energía en el control ambiental, la gestión del estiércol y la alimentación puede contribuir a reducir el impacto ambiental. En aquellos casos donde sea económicamente viable, se pueden implementar instalaciones para generar energías renovables, como fotovoltaicas, mini-eólicas o de biometano, para minimizar las emisiones de GEI.

**LA GESTIÓN DEL
ESTIÉRCOL Y LA
ALIMENTACIÓN
PUEDE CONTRIBUIR
A REDUCIR
EL IMPACTO
AMBIENTAL**





ESTRATEGIAS ALIMENTARIAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES CON EFECTO INVERNADERO EN VACUNO DE LECHE

ALEJANDRO BELANCHE

*Departamento de Producción
Animal y Ciencia de los Alimentos,
Universidad de Zaragoza, Miguel
Servet 177, 50013, Zaragoza*

DAVID R. YÁÑEZ-RUIZ

*Estación Experimental del Zaidín
(CSIC), Profesor Albareda 1, 18008,
Granada*

 **Universidad
Zaragoza**

 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



La alimentación del ganado lechero ofrece diversas alternativas para reducir las emisiones de GEI. En cuanto a las emisiones directas generadas en granja por unidad de producto, las principales estrategias de mitigación están enfocadas a incrementar la productividad y reducir las emisiones de metano (CH_4) entérico a través de un incremento del plano de alimentación y de la digestibilidad de la dieta mediante el aumento de la proporción de concentrado, la calidad del forraje y/o el procesado del alimento. La suplementación con lípidos, aceites o semillas de oleaginosas también pueden reducir en cierta medida las emisiones de metano entérico. El ajuste de los niveles de proteína en la dieta permite maximizar la eficiencia de utilización del nitrógeno y minimizar significativamente las excreciones de óxido nitroso (N_2O) y amoníaco (NH_3). Por otro lado, las emisiones indirectas dependientes de la huella ambiental asociada a la producción de alimentos para el ganado pueden verse reducidas mediante la utilización de fuentes de proteínas locales y subproductos agro-industriales. La alimentación de precisión también permite reducir la huella ambiental a través de un incremento de la eficiencia alimentaria y un manejo optimizado. El potencial de mitigación de cada una de estas estrategias de mitigación, así como sus ventajas e inconvenientes, son abordadas en el presente capítulo.

INTRODUCCIÓN

La alimentación es una de las fuentes principales de emisiones GEI en explotaciones de vacuno lechero, tanto por las emisiones de CH₄ entérico, el nitrógeno (N) excretado en las deyecciones que provoca emisiones de NH₃ y N₂O, así como por las emisiones indirectas asociadas a la producción del alimento. Ese capítulo se centra en describir estrategias de mitigación enfocadas principalmente a reducir las emisiones directas, por lo que en su mayoría son potencialmente computables en inventarios nacionales.

Además, se realiza una contextualización de los efectos colaterales de estas estrategias sobre las emisiones indirectas. Por el contrario, en este capítulo no se realiza una descripción pormenorizada de las emisiones indirectas (derivadas de la fabricación de alimentos, uso de fertilizantes y energía, etc.) ya que se necesitaría el uso de modelización más compleja y el marco de análisis de ciclo de vida (ACV) para determinar la huella de carbono (C) de cada factor productivo.

Por todo ello, la elección de las medidas de alimentación más apropiadas dependerá del sistema de producción y siempre deberían ir acompañadas de una mejora del manejo y de la sanidad en la explotación. Además, la combinación de varias estrategias de mitigación simultáneas se considera como la aproximación más eficaz para reducir la huella ambiental del vacuno lechero ya que la mayoría son aditivas.

PRINCIPALES ESTRATEGIAS ALIMENTARIAS PARA REDUCIR LA HUELLA AMBIENTAL DEL VACUNO LECHERO

1. **Aumentar el plano de alimentación**

2. **Mejora de la digestibilidad de la dieta**

- _Aumentar la proporción de concentrado*
- _Mejorar la calidad del forraje*
- _Procesado del alimento*

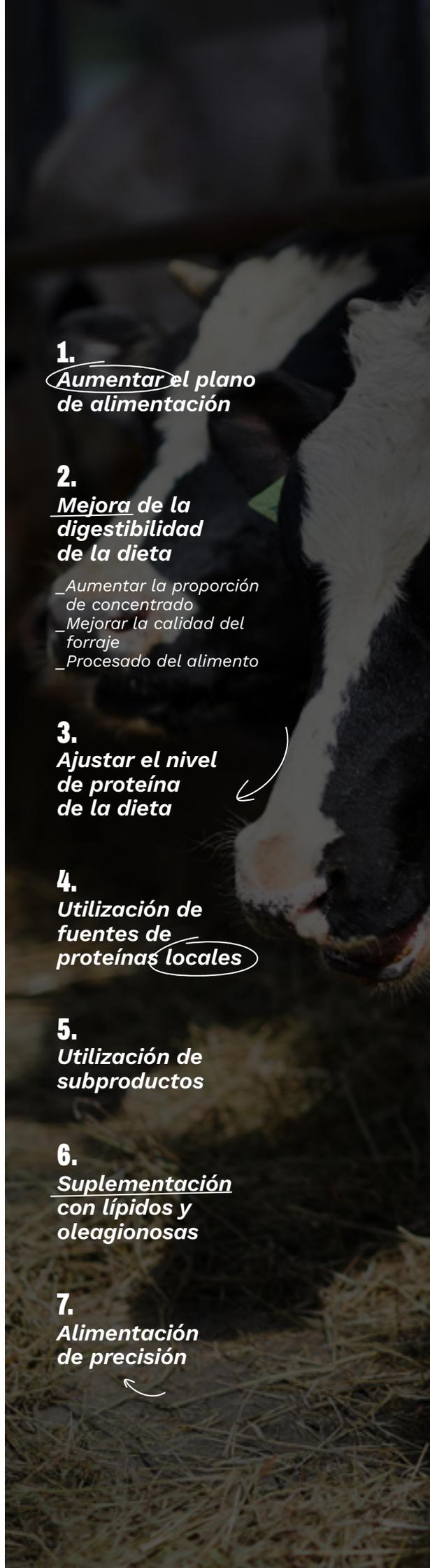
3. **Ajustar el nivel de proteína de la dieta**

4. **Utilización de fuentes de proteínas locales**

5. **Utilización de subproductos**

6. **Suplementación con lípidos y oleaginosas**

7. **Alimentación de precisión**





1/ AUMENTAR EL PLANO DE ALIMENTACIÓN

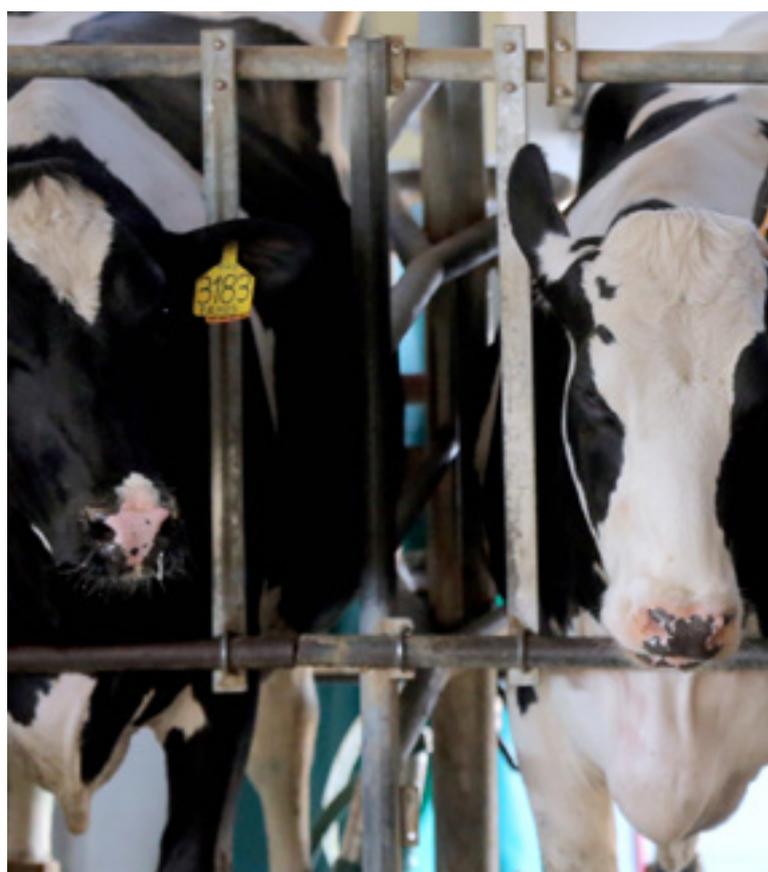
La cantidad de alimento ingerido y su composición son los principales factores que afectan la producción de CH₄ por parte de los rumiantes. A nivel global se acepta que las emisiones de CH₄ entérico pueden representar unos factores de emisión (Y_m) de entre el 2 y el 12% de la energía bruta ingerida por el animal (Hristov *et al.*, 2013). Un reciente meta-análisis (Arndt *et al.*, 2022) mostró que al incrementar el plano de alimentación se incrementan las emisiones de CH₄ (+17.9%) debido a que más alimento es fermentado a nivel ruminal. Sin embargo también se reduce el tiempo de retención ruminal y la digestibilidad de la fibra, lo que origina una ligera reducción de la intensidad de las emisiones tanto en g/kg de alimento ingerido (-8.1%) como por kg de leche (-16.7%). Esta estrategia es de fácil implementación en las explotaciones de baja producción, pero resulta más dificultosa en explotaciones de alta producción donde las vacas son alimentadas ad libitum dada su limitada capacidad de ingestión, sobre todo durante el inicio de la lactación, para satisfacer sus altas necesidades nutricionales. Además, esta estrategia lleva asociado un incremento del coste de alimentación.

2/ MEJORA DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA

El alcance de la influencia de la dieta sobre las emisiones de GEI se basa en sus efectos sobre la fermentación entérica. El principal factor, tras la ingestión, que determina la producción de CH₄ ruminal es la digestibilidad de la dieta. En este sentido, modelos de predicción han mostrado que las emisiones de CH₄ disminuyen del 7 al 3,6% cuando se incrementa la digestibilidad del 55 al 75% (Cabra-López *et al.*, 2008). Como consecuencia de ello, el Panel Internacional para el Cambio Climático (IPCC, 2019) sugiere aplicar unos factores de emisión (Y_m) que van desde el 5,7% en vacas de alta producción (>8500 kg/año) alimentadas con dietas muy digestibles (≥70%) y poco fibrosas (≤ 35% FND) hasta 6,5% en vacas de baja producción (<5000 kg/año) alimentadas con dietas menos digestibles (≤62%) y muy fibrosas (≥38% FND). Esta mejora en la digestibilidad puede alcanzarse de diversas maneras, como se describe a continuación:

Aumentar la proporción de concentrado

Una de las estrategias posibles consiste en incrementar la proporción de concentrado en la ración. Se han descrito reducciones de un 10-17% en las emisiones de CH₄ (g/d) aumentando un 20% el concentrado ofertado (McGeough *et al.*, 2010). Dicha estrategia lleva asociado un incremento de la producción lechera lo que ocasiona una reducción media de la intensidad de las emisiones de aproximadamente el 13% (Arndt *et al.*, 2022). Esta estrategia es de fácil aplicación en todo tipo de explotaciones lecheras y no implica cambios estructurales de la explotación. Sin embargo, esta estrategia suele llevar asociado un mayor coste en alimentación, un incremento de la huella de C asociada a la producción del alimento concentrado, que suelen ser superiores a las del forraje, y la posible aparición de problemas digestivos como la acidosis ruminal y las diarreas. Por todo ello, esta estrategia se considera factible, pero siempre que se utilice un nivel de forraje que garantice una correcta fisiología ruminal.



Capítulo 7_

Estrategias alimentarias para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero en vacuno de leche

Mejorar la calidad del forraje

Otra opción que ofrece un mayor margen de reducción de las emisiones es la mejora de la calidad del forraje. Ello se debe a la gran variabilidad existente entre forrajes dependiendo de la especie vegetal, manejo en la siega, procesado del forraje, o bien de la gestión del pastoreo. El uso de leguminosas forrajeras permite incrementar la calidad del forraje originando una reducción de la intensidad de las emisiones de un 10%. Además, un correcto manejo del pasto y pastoreo, unido a una cuidada elección de las especies forrajeras y una adecuada formulación de la dieta, permite reducir la intensidad de las emisiones hasta en un 30% en comparación con la alimentación con forraje de baja calidad (Arndt *et al.*, 2022). Otro aspecto relevante es el grado de madurez del forraje: un reciente meta-análisis observó que la recolección en una etapa temprana de madurez aumenta su digestibilidad (+14.7%), la producción lechera (+9.1%) y disminuye la producción de CH₄ entérico por kg MSI (-4.4%) y por kg de leche producida (-12.5%) (Arndt *et al.*, 2022). Según Salcedo *et al.* (2019),

AUMENTAR LA CANTIDAD DE ALIMENTO SUMINISTRADO, MEJORAR LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA, A TRAVÉS DE CAMBIOS EN LA PROPORCIÓN DE CONCENTRADO Y INCREMENTAR LA CALIDAD DEL FORRAJE O EL PROCESADO DEL ALIMENTO PUEDE REDUCIR LAS EMISIONES DE GEI



por cada incremento en un litro de leche para producciones de entre 12 y 39 L/d, las emisiones de CH₄ entérico pueden disminuir en 0,46 g/L. Además, el empleo de forrajes con alta digestibilidad fomenta la producción de acetato, lo que permite incrementar el contenido de grasa en leche y previene alteraciones digestivas (acidosis, laminitis, etc.). La fertilización nitrogenada también puede incrementar la digestibilidad del forraje de gramíneas (+4.4%), aunque también las emisiones indirectas (Arndt *et al.*, 2022).

Durante los procesos de henificación y ensilado del forraje se producen pérdidas de materia seca (MS) de entre el 5 y el 25%, así como de proteínas (hojas). Por ello, un correcto proceso de henificación evitando lluvias y almacenaje bajo cubierta o con envoltura en plástico permiten incrementar la digestibilidad del heno. La utilización de aditivos de ensilaje, especialmente en el silo de maíz, así como un correcto sellado del silo son estrategias recomendables para reducir las pérdidas en la conservación de ensilajes de baja calidad inicial.

Procesado del alimento

En líneas generales, el procesado del alimento permite incrementar su digestibilidad (+8.6%), la ingestión del animal (+9.3%) y reducir las emisiones de CH₄ por kg MS ingerida (-8.3%) y por kg de leche (-13.7%) (Arndt *et al.*, 2022), si bien existe una elevada variabilidad entre los diferentes procedimientos de procesado. Por ejemplo, el picado del forraje para su inclusión en dietas TMR permite reducir su tamaño de partícula y su tiempo de retención en el rumen ocasionando un incremento en la ingestión (+21.8%) y menores emisiones de CH₄ por kg MS ingerida (-10.8%). El tratamiento de paja y forrajes con urea o amonio permite aumentar su contenido en N y acondicionar el forraje a ensilar, respectivamente, sin embargo, también puede acarrear emisiones de GEI a través de la volatilización de NH₃. El procesado de los granos de cereal a través del proceso de chafado, molienda o extrusión permite facilitar su fermentación en el

rumen, su digestibilidad, y en algunos casos pueden reducir ligeramente la intensidad de las emisiones (si bien los efectos son muy variables y pueden no compensar las emisiones indirectas asociadas a dichos procesos).

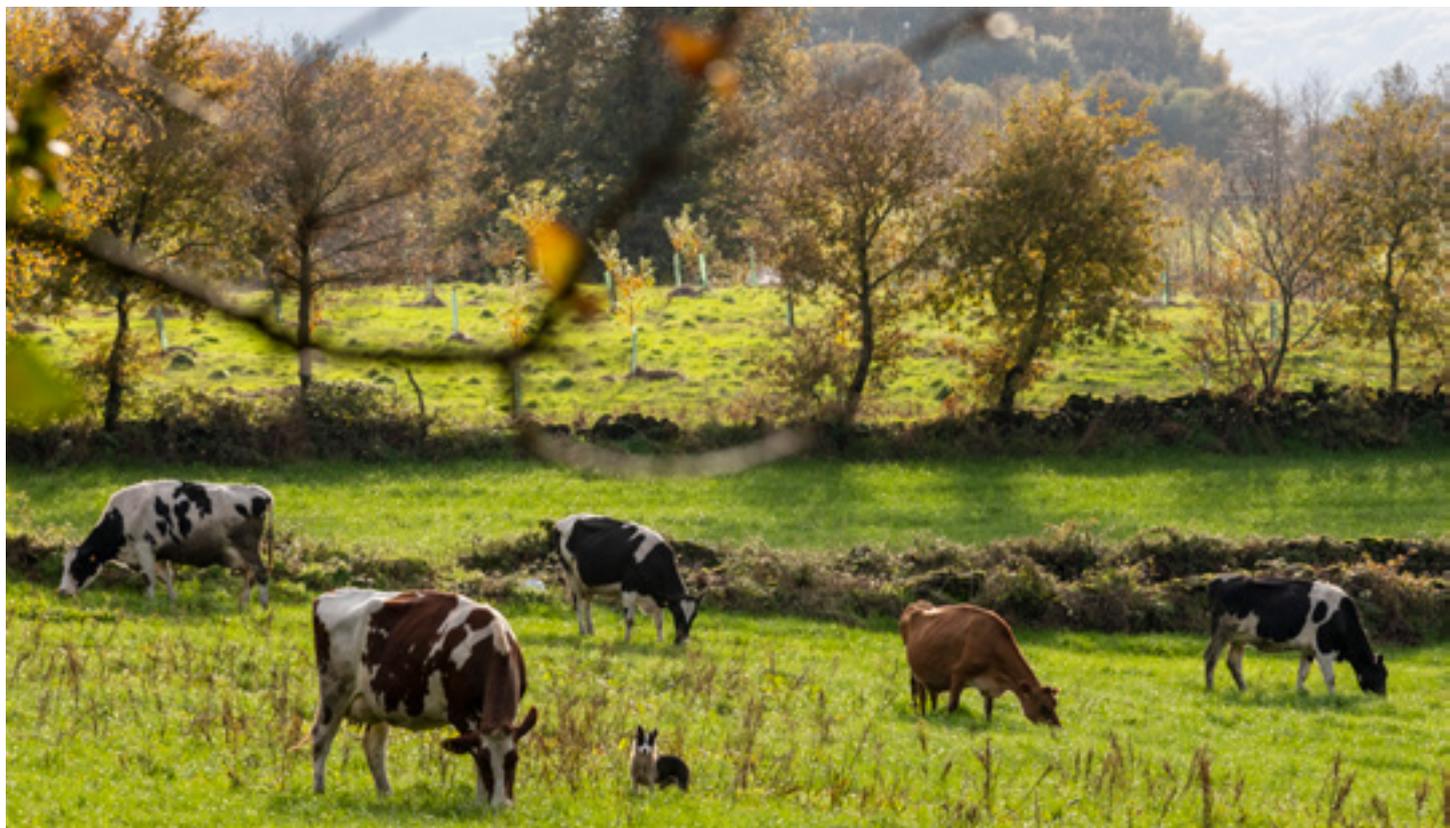
3/ AJUSTAR EL NIVEL DE PROTEÍNA DE LA DIETA

Tradicionalmente se han utilizado niveles altos de proteína en las dietas de vacuno lechero para maximizar la productividad, pero sin tener en consideración la eficiencia de retención del N ni el incremento del N excretado en deyecciones en forma de emisiones de NH₃ y N₂O. Por el contrario, una dieta excesivamente baja en proteína degradable puede limitar la síntesis de proteína microbiana ruminal, así como los índices productivos. En este sentido, Salcedo *et al.*, (2019) en su estudio de emisiones en producción lechera en Galicia, observaron que la variable que mejor correlacionada con la huella de C de un litro de leche fue la eficiencia de utilización del N de la dieta.

Para ajustar los niveles de proteína y energía en la dieta es necesario realizar tanto una correcta estimación de las necesidades nutricionales en cada etapa productiva (reposición, novillas gestantes, alta producción, media producción, baja producción y secado), como un frecuente análisis del alimento para garantizar una ración balanceada. Guo *et al.* (2019) mostraron que una reducción del aporte de proteína bruta (del 17 al 15%) y de fósforo (del 0,44 al 0,34%) permite reducir la huella

ambiental sin afectar negativamente a la productividad. A nivel global, se estima que se puede reducir un 17 % las emisiones de NH₃ por unidad de proteína bruta reducida (Sajeev *et al.*, 2018). En España, se ha descrito una reducción de NH₃ del 36,5% con una reducción del 17 al 14% la cantidad de proteína bruta de la ración en vacuno lechero de la cornisa cantábrica (Arriaga *et al.*, 2010). Además, dicha reducción también permite reducir las emisiones de N₂O por unidad de producto (reducción

ESTRATEGIAS ALIMENTARIAS CLAVE INCLUYEN AJUSTAR EL NIVEL DE PROTEÍNA EN LA DIETA, UTILIZAR FUENTES DE PROTEÍNAS LOCALES Y APROVECHAR SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES



indirecta). La eficiencia de utilización del N en vacuno lechero también puede verse mejorada cuando dietas bajas en proteína son suplementadas con carbohidratos fácilmente fermentables (Belanche *et al.*, 2012) o con aminoácidos esenciales (Schwab and Broderick, 2017). A nivel global, la optimización de la formulación de la dieta permite incrementar la producción lechera un 6.7% y reducir las emisiones (-7.4%) y su intensidad (-7.5%) en vacuno lechero (Arndt *et al.*, 2022), así como la excreción de N urinario (-22%) (Arriaga *et al.*, 2010). Sin embargo, este ajuste del nivel de proteína no es simple ya que se debe considerar también sus efectos sobre la cinética de degradación de la proteína en el rumen, la síntesis de proteína microbiana y el perfil de aminoácidos.

4/ UTILIZACIÓN DE FUENTES DE PROTEÍNAS LOCALES

La producción de ingredientes como los cereales o la soja para la fabricación de piensos tiene un elevado impacto ambiental (emisiones indirectas) en la producción animal intensiva. Por ello, el reemplazo de fuentes de proteína importada como la soja por fuentes de proteína local o regional como las habas, altramuces, alfalfa, guisante, colza, girasol o trébol permite reducir las emisiones indirectas relacionadas con el transporte, uso intensivo de fertilizantes y a veces con las emisiones asociadas al cambio de uso de suelo debido a la deforestación. Dicha reducción de la huella de C es muy variable, pero se estima que oscila entre el 10 y el 25% (De Boer *et al.*, 2014). Dicha estrategia permite incrementar la autonomía alimentaria en explotaciones con base territorial gestionada, si bien requiere ciertos cambios estructurales y un proceso de adaptación a medio plazo.

5/UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Los subproductos de la industria agroalimentaria y energética son productos secundarios de una actividad principal. Dada su condición de subproductos y porque se suelen consumir en zonas próximas a su procedencia, su aprovechamiento en alimentación animal contribuye al desarrollo local y a reducir la huella de C en el producto final, además de ser una vía de eliminación de residuos. Los subproductos agroindustriales más relevantes en España son los derivados de la industria olivarera, de producción de zumo, cerveza, destilería, restos de podas y frutales, así como la agricultura de invernadero que son potencialmente utilizables en alimentación animal. Sin embargo, el uso de subproductos también puede verse limitado debido a su elevado contenido en agua, heterogénea distribución geográfica, elevada estacionalidad y variabilidad en su valor nutritivo y la posible presencia de factores anti-nutritivos para el ganado.

La utilización de subproductos en la alimentación de rumiantes permite reducir el coste de la ración, sin embargo, su posible beneficio ambiental ha sido poco estudiado. Un



SUMINISTRAR EL NUTRIENTE APROPIADO, AL ANIMAL APROPIADO Y EN EL MOMENTO APROPIADO

reciente meta-análisis (Arndt *et al.*, 2022) concluyó que la inclusión de subproductos en dietas para rumiantes no implica cambios las emisiones de GEI directas. Sin embargo, Pardo *et al.*, (2016) mostraron que la inclusión de ensilado de residuos de tomate en sustitución de heno de avena resultó en una disminución del 12-19 % de la huella de C en la leche de cabra. Esta disminución se debe fundamentalmente a la reducción de las emisiones de N₂O indirectas y asociadas a la fertilización del suelo para la producción de forraje. Salami *et al.*, (2019) estimaron que en vacuno y ovino de carne se puede reducir la huella de C del producto hasta el 20 %, con porcentajes de inclusión de subproductos en la dieta de hasta 50%. Este potencial de reducción de la huella de C depende fundamentalmente del tipo de subproducto, de su porcentaje de inclusión y del ingrediente sustituido en la dieta. Por lo tanto, esta estrategia es altamente recomendable cuando los subproductos están disponibles en cercanía y bajo coste, si bien su implementación puede implicar cierta inversión en instalaciones y una reformulación de la ración.



6/ SUPLEMENTACIÓN CON LÍPIDOS U OLEAGINOSAS

La inclusión de lípidos, grasas o semillas de oleaginosas en la dieta implica un incremento en la densidad energética de la dieta permitiendo aumentar el porcentaje de grasa en la leche, así como garantizar una correcta ingestión energética en animales sometidos a estrés térmico. Entre los lípidos más utilizados se encuentran los aceites de palma, girasol y colza ya que permiten reducir las emisiones de CH₄ entérico (-19.5% g/d), por kg de MS ingerida (-18.0%) y por kg de leche (-11.9%) (Arndt *et al.*, 2022). Efectos similares pueden conseguirse con la suplementación directa con semillas de oleaginosas como el girasol, colza y algodón. Ello se debe a sus efectos anti-microbianos frente a ciertos microorganismos ruminales (p. ej. protozoos, hongos anaerobios y bacterias fibrolíticas). Por ello, la suplementación con lípidos u oleaginosas puede suponer un descenso en la digestibilidad de la fibra (-4.2

y -8.2%, respectivamente) e incluso un ligero descenso de la ingestión (-5.7%) (Arndt *et al.*, 2022). Para evitar este efecto negativo, se recomienda que la suplementación con lípidos y aceites no supere un determinado límite (en torno al 3-5% de la MS de la dieta) que viene definido por el tipo de lípido utilizado, la composición de la dieta basal y el estado fisiológico del animal (Palmquist and Jenkins, 2017). La utilización de grasas protegidas y jabones cálcicos permite minimizar sus efectos adversos sobre la digestión de la fibra (Arndt *et al.*, 2022). Además, la producción de semillas de oleaginosas, así como la extracción de sus aceites implica emisiones indirectas y un incremento en la huella de C (Bonesmo *et al.*, 2012).

7/ ALIMENTACIÓN DE PRECISIÓN

La alimentación de precisión consiste en suministrar el nutriente apropiado, al animal apropiado y en el momento apropiado, lo que implica conocer las necesidades de cada



animal. El uso de raciones personalizadas en vacuno de leche permite incrementar la productividad y reducir las emisiones de CH_4 (15-20%) y la excreción de N en forma de N_2O (hasta el -10%) y NH_3 (hasta el -10%), que resulta en una reducción de las emisiones de las excretas (Andeweg and Reisinger, 2015). También se ha sugerido (Fischer *et al.*, 2020) que una restricción alimentaria controlada en aquellas vacas poco productivas incrementa su eficiencia productiva y reduce tanto las emisiones diarias (-8%) como su intensidad (-8%). La implementación de la ganadería de precisión, como concepto más amplio de gestión de la explotación, permitió reducir las emisiones de CH_4 entérico (-6.4%) y la huella de C (-10.9%) de la leche de cabra (Pardo *et al.*, 2022). Sin embargo, estas estrategias implican una inversión sustancial en tecnología, instalaciones y personal, por lo que los efectos positivos suelen aparecer a medio-largo plazo.

ACERCA DE LOS AUTORES

Alejandro Belanche

Doctor en Veterinaria por la Universidad de Zaragoza. Desarrolló su etapa post-doctoral durante 8 años en el Instituto de Ciencias Biológicas, Medioambientales y Rurales de la Universidad de Aberystwyth (Reino Unido). También trabajó como investigador durante 5 años en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC, Granada). En 2021 se incorporó como investigador Ramón y Cajal al Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Zaragoza. Su carrera investigadora se centra en optimizar la función ruminal para mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental en la producción de rumiantes.

La contribución de Alejandro Belanche para la Guía de descarbonización del sector lácteo es gracias al contrato Ramón y Cajal financiado por la AEI (RYC2019-027764-I).

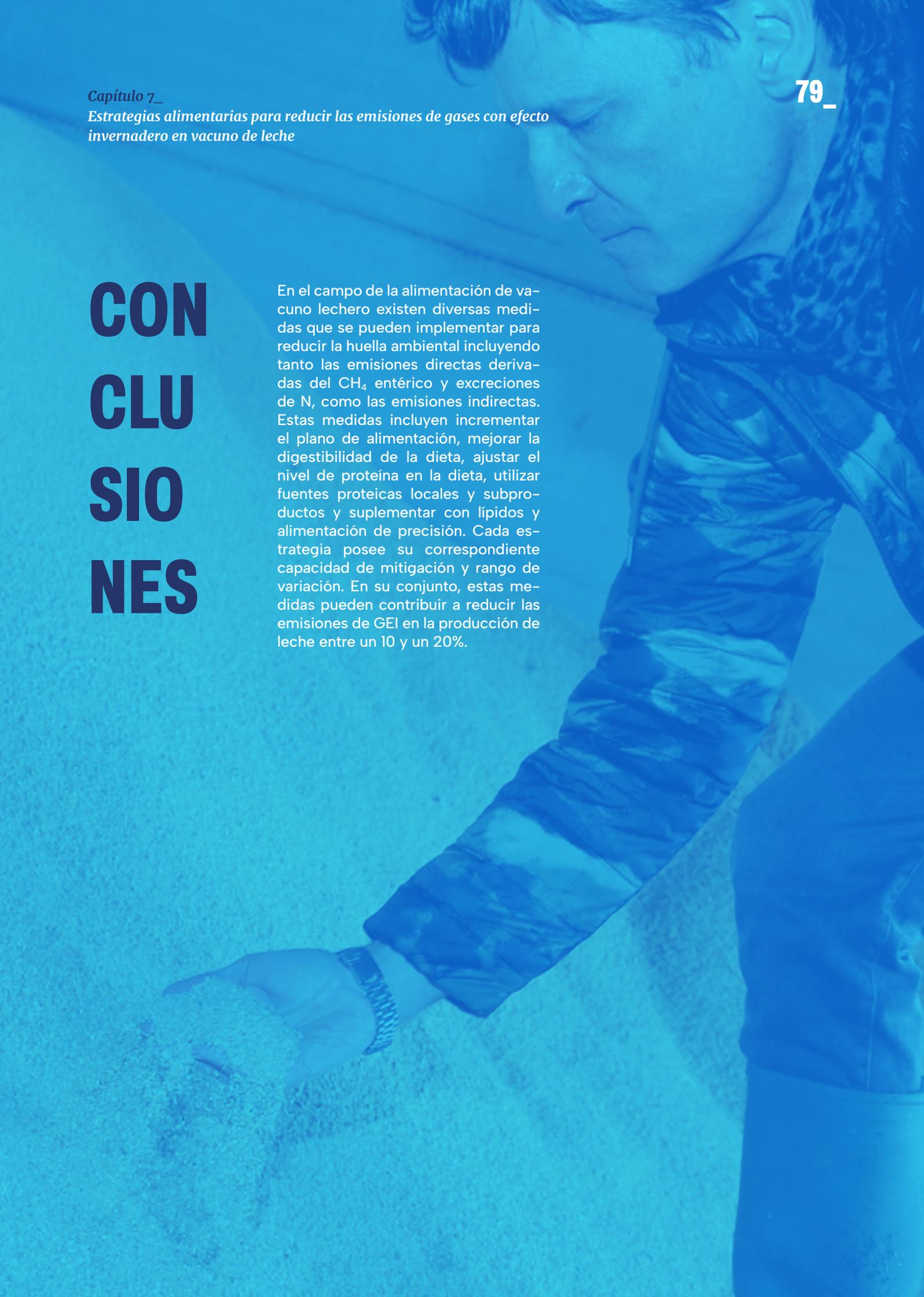
David Yáñez-Ruiz

Es doctor en Veterinaria por la Universidad de Córdoba (2003) e Investigador Científico del CSIC desde 2007. Previamente ha trabajado en la Universidad de Gales (Reino Unido, 2003-2007) y en la Universidad de Queensland (Australia, 2019-2020).

Su línea principal de trabajo es el desarrollo de estrategias nutricionales para reducir el impacto ambiental de la ganadería. Es coordinador del proyecto Horizonte Europa Re-Livestock y del proyecto de la Global Research Alliance para el desarrollo de aditivos con actividad antimicrobiana. Es coordinador científico de los Documentos Zootécnicos de Emisiones del MAPA para el sector ovino y caprino.

CON CLU SIO NES

En el campo de la alimentación de vacuno lechero existen diversas medidas que se pueden implementar para reducir la huella ambiental incluyendo tanto las emisiones directas derivadas del CH_4 entérico y excreciones de N, como las emisiones indirectas. Estas medidas incluyen incrementar el plano de alimentación, mejorar la digestibilidad de la dieta, ajustar el nivel de proteína en la dieta, utilizar fuentes proteicas locales y subproductos y suplementar con lípidos y alimentación de precisión. Cada estrategia posee su correspondiente capacidad de mitigación y rango de variación. En su conjunto, estas medidas pueden contribuir a reducir las emisiones de GEI en la producción de leche entre un 10 y un 20%.



EL MANEJO DE LOS ANIMALES: REDUCCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE LA MEJORA EN EFICIENCIA Y BIENESTAR ANIMAL

POL LLONCH

*Universitat Autònoma de
Barcelona*

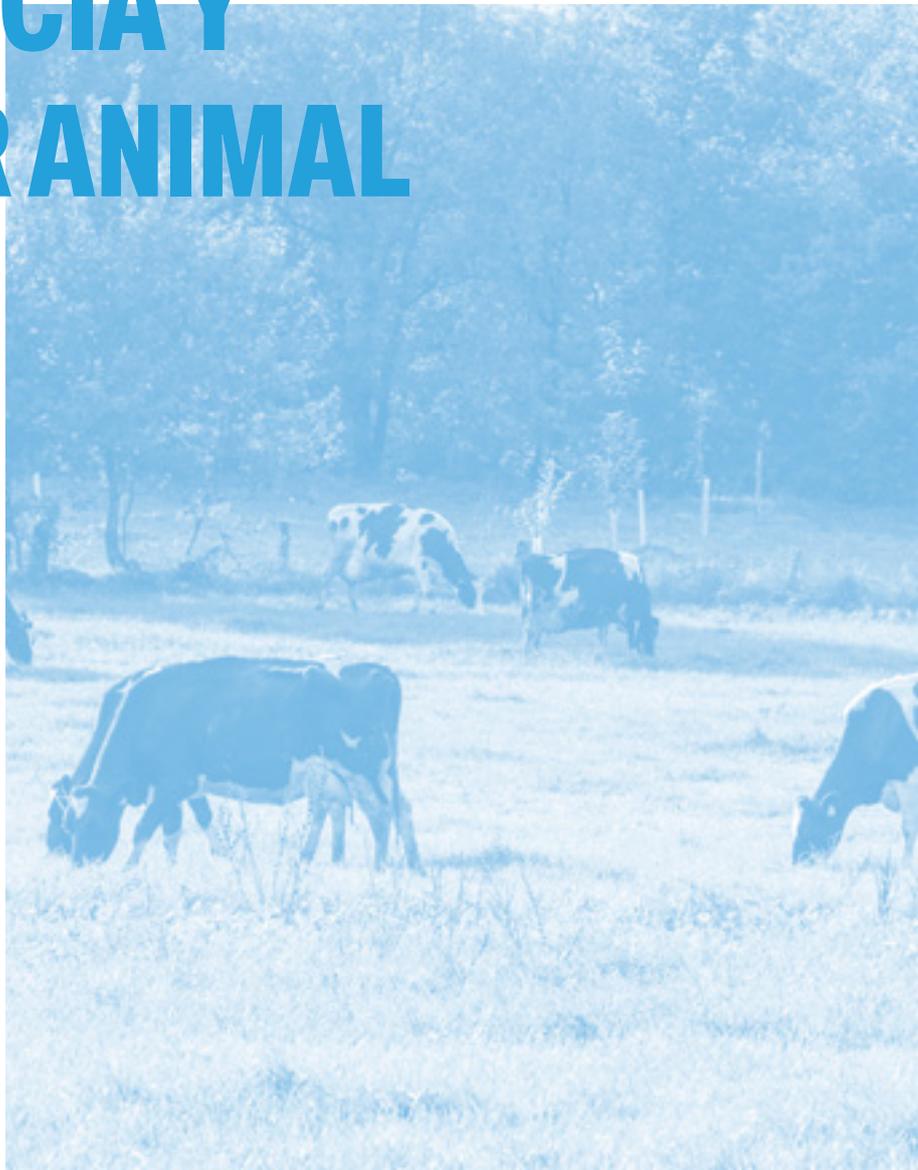
OSCAR GONZÁLEZ

*Instituto Nacional de
Investigación y Tecnología
Agraria y Alimentaria
(INIA-CSIC)*

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS





INTRODUCCIÓN

El vacuno lechero desempeña un papel crucial en la sostenibilidad económica, social y ambiental. Sin embargo, se le atribuye un impacto negativo sobre el medio ambiente, sobre todo en forma de emisiones de GEI.

Existen estrategias para minimizar notablemente el impacto que la producción lechera pueda tener sobre el medio ambiente, incluyendo prácticas de manejo de estiércoles, mejoramiento genético del ganado y opciones de alimentación más eficientes. La ciencia ha destinado, en el pasado y en el presente, importantes esfuerzos a descubrir prácticas de manejo que permitan mitigar el impacto ambiental del vacuno lechero, a la vez que pueda mantener su importante labor económica y social en las comunidades rurales. En este capítulo, se presentan las principales estrategias de manejo que han demostrado ser efectivas para mitigar el cambio climático y fortalecer la eficiencia y competitividad de las granjas lecheras.

IMPACTO DEL MANEJO Y LA SELECCIÓN SOBRE LAS EMISIONES

La actividad ganadera del vacuno lechero está íntimamente ligada al medio ambiente. Y, por tanto, existe una asociación bidireccional entre ambos: por un lado, la ganadería se ve afectada por el clima y las condiciones ambientales, y, por el otro, el medio ambiente. el sector ganadero es vulnerable no solo a la variabilidad del clima y los eventos extremos --cada vez más frecuentes en los últimos años--, que pueden afectar la disponibilidad de alimentos y el bienestar de las vacas, sino que también al rendimiento de las cosechas, que, a fin de cuentas, determinan la volatilidad en la oferta de materias primas.

Al mismo tiempo, la actividad ganadera tiene repercusiones sobre el medio ambiente. En concreto, los principales efectos del vacuno lechero sobre el medio ambiente son los siguientes:

- Emisiones de GEI. Los rumiantes emiten metano procedente de la digestión del alimento consumido. Este me-



DE LAS EMISIONES DE ÓXIDONITROSOS PROCEDENTE



DE LAS EMISIONES DE METANO ENTÉRICO

tano es un gas con un efecto invernadero unas 28 veces superior al CO₂. En 1990, el vacuno lechero era responsable de aproximadamente el 24% de todo el metano procedente de la ganadería. Sin embargo, la reducción del censo y la mejora de la eficiencia ha reducido este porcentaje al 16% de todo el metano entérico, según el inventario nacional de emisiones en 2020. Las emisiones de metano por kg de leche se han reducido a la mitad con respecto a 1990, gracias a la mejora de la eficiencia productiva, principalmente debida a la alimentación y la selección genética. El metano entérico supone entre el 1 y el 2 % del total de emisiones equivalentes de CO₂. Las emisiones (directas e indirectas) de N₂O procedentes de



Capítulo 8_

El manejo de los animales: reducción de impacto ambiental mediante la mejora en eficiencia y bienestar animal

la gestión de estiércoles suponen alrededor del 1% del total de emisiones de N_2O (13% del total de la ganadería). La mejora de los procesos digestivos y una mayor eficiencia en la utilización de la energía y el nitrógeno son necesarios para reducir estas emisiones de GEI.

- Uso de recursos naturales. La producción lechera en España necesita unas 450.000 ha para el mantenimiento y producción de las aproximadamente 810.000 vacas actuales. Esta superficie podría reducirse a través de una mejora de la eficiencia de la alimentación (necesitando menos kg de alimento para producir un kg de leche), un aumento de la vida productiva (reduciendo los recursos destinados a la cría de los animales) y un aumento de la productividad por animal.
- Contaminación del agua y el suelo. Los residuos del vacuno lechero pueden filtrarse en el suelo, contaminando aguas subterráneas que pueden llegar al agua canalizada y ser fuente de patógenos y algas perjudiciales para la población humana. Estos efectos pueden minimizarse principalmente a través de mejoras en las infraestructuras de canalización y almacenamiento de los residuos.
- Diseminación de genes de resistencia a antimicrobianos. Los antibióticos usados para el tratamiento de las enfer-

medades del vacuno lechero pueden generar residuos que pasen al medio ambiente a través del estiércol o residuos de la explotación. También pueden contribuir a la aparición de resistencias a antibióticos que hagan más difícil tratar enfermedades en el futuro. Existe un plan de optimización del uso de antibióticos, en concreto, en el vacuno lechero, el objetivo es reducir, sobre todo, el uso de los antibióticos que se utilizan en medicina humana, como las quinolonas y cefalosporinas de 3^o y 4^a generación. La mejora de la salud y el bienestar a través de mejores prácticas de manejo y de selección genética pueden contribuir a reducir la necesidad de tratar animales con antibióticos.

No obstante, la ganadería puede también desempeñar un papel positivo. Por ejemplo, mejoras en la gestión del estiércol o una mayor eficiencia en la producción de alimentos, en términos de emisiones, pueden permitir reducir el uso de fertilizantes nitrogenados y mejorar la captura de carbono en el suelo. Además, se pueden utilizar nuevas tecnologías para reducir las emisiones de GEI. Según un informe de la FAO, "la intensificación, tanto en la producción de animales de ganadería como en la agricultura de cultivos para alimentación, puede reducir las emisiones de GEI debidas a la deforestación y la degradación de pastizales" (Steinfeld *et al.*, 2006). La productividad ha



LAS EMISIONES DE METANO ENTERICO SE HAN REDUCIDO A LA MITAD CON RESPECTO A 1990

EL IMPACTO DEL VACUNO LECHERO EN EL MEDIO AMBIENTE

12%

DE LA
PRODUCCIÓN
FINAL GANADERA

Mantenimiento
del tejido rural



8.5%

DEL EMPLEO
AGROALIMENTARIO



Vulnerable al
calentamiento
global

Contribuye a
la seguridad
alimentaria

Contaminación
de aguas

450.000
ha USO DE RECURSOS
NATURALES



aumentado en las últimas décadas, lo que ha permitido disminuir las emisiones de GEI. La principal razón de esto se debe a una reducción de la intensidad de las emisiones. Esto quiere decir que a medida que aumenta la productividad (producción de leche, producción de carne o tasa de crecimiento), la proporción de energía diaria asignada al mantenimiento del animal disminuye y los requerimientos del mantenimiento de la población total de animales también se reducen. Un aumento de la producción diluye así el coste fijo (mantenimiento) en más unidades de producción, reduciendo el requisito total de energía por kg o por unidad de producción de leche, carne o crecimiento y, por lo tanto, genera unas emisiones más bajas por unidad de producto.

Por ejemplo, en relación a lo anterior, según Capper *et al.*, (2009) el sector lechero ha reducido el uso de alimentos, tierra y agua en un 77%, 90% y 65%, respectivamente, provocando que las emisiones equivalentes de CO₂ (CO₂-eq) por kg de leche se hayan reducido en un 63% desde 1944 a 2007.

Por tanto, un adecuado manejo del vacuno lechero puede tener un impacto significativo en la conservación del medioambiente.

PROPUESTAS TÉCNICAS DE MEJORA Y SU EFECTO/IMPACTO SOBRE LA DESCARBONIZACIÓN

Con la finalidad de aumentar la sostenibilidad ambiental de la ganadería, se ha llevado a cabo un importante esfuerzo de investigación para encontrar estrategias que, sin perder la competitividad de la producción ganadera, sirvan para reducir las emisiones de GEI. La mayoría de estas estrategias se centran en mitigar las emisiones de CH₄ entérico y N₂O provenientes del manejo de estiércol. Entre estas estrategias, algunas se centran en la reducción de los GEI indirectos generados durante la producción animal, como el cambio en el uso de la tierra, el consumo directo de energía en la producción ganadera o el manejo del estiércol. Otro grupo de estrategias se enfoca en las emisiones directas de los animales, como el CH₄ generado durante la fermentación entérica. En este capítulo nos centraremos en las estrategias de mitigación de emisiones directas.

Además de las preocupaciones ambientales, la producción de CH₄ entérico afecta negativamente la eficiencia energética en los rumiantes. Por ejemplo, hasta un 11% de la energía bruta en la alimentación del ganado puede perderse a través de la emisión de CH₄ eructado (Moraes *et al.*, 2014). Por lo tanto, la mitigación de emisiones puede impulsar una mejora en la eficiencia de producción y sobre los beneficios económicos para los productores.

Las principales estrategias directas para mitigar las emisiones de GEI se pueden clasificar en dos categorías: la reducción de la metanogénesis ruminal, que resulta en una disminución total de las emisiones, y la reducción de la intensidad de emisiones. La reducción de la intensidad de emisiones se refiere a la cantidad de emisiones por unidad de producto, lo que significa que al aumentar la eficiencia de producción, se reduce la cantidad de emisiones de GEI por unidad de producto.

A continuación, se resume el posible impacto de diferentes estrategias de manejo sobre la mitigación de los GEI en vacuno lechero:

A/

Selección genética

La eficiencia productiva por kg de peso se ha duplicado en el último siglo. Esto ha sido en gran parte gracias a los programas de selección genética, que tiene un efecto lento, pero acumulativo a lo largo del tiempo. Además, permanece a lo largo de las generaciones. Podemos decir que el incremento en producción y en eficiencia productiva ha sido en más de un 50% debido exclusivamente a los procesos de selección (Guinan *et al.*, 2023). La selección genética también puede contribuir a mejorar la salud de los animales, haciéndolos más resistentes a los patógenos, y más robustos con menor riesgo de padecer enfermedades y un mejor bienestar. La mejora genética está aumentando la vida productiva de los animales (Guinan *et al.*, 2023), y contribuye así a reducir las necesidades de cría, y el uso de recursos naturales. Es recomendable utilizar los índices genéticos para la toma de decisiones de cría y selección de padres de vacas. Los índices genéticos de caracteres productivos y de eficiencia alimentaria pueden reducir el uso de recursos naturales, y las emisiones de metano. Todos estos índices han ido introduciéndose en algunos países, incluido España, con programas de mejora bien establecidos, incluyendo la eficiencia alimentaria, las emisiones de metano o la sa-

lud de los animales. Los programas de acoplamiento son una buena herramienta para mejorar la genética de los rebaños ya que permiten corregir defectos y solventar las limitaciones del rebaño con los animales de cría de la explotación. El uso de semen sexado permite aumentar la selección de mejores vacas. Esto resulta en un mayor progreso genético del rebaño para los objetivos de selección, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto sobre el medio ambiente.

B/ **Manejo**

Las prácticas de manejo de la cría y la reproducción de la explotación tienen un impacto importante sobre la salud, la producción y, también, sobre el medio ambiente. Aumentar la vida productiva de las vacas es una decisión del ganadero, que permite reducir el número de animales necesarios para la reposición, y, de esta manera, reducir las emisiones y la utilización de recursos naturales en forma de espacio y alimento. Una fertilidad adecuada mantiene el intervalo entre partos dentro de los límites rentables y reduce el desecho involuntario de animales. Es recomendable implementar un programa de manejo reproductivo efectivo para optimizar la fertilidad del rebaño, que incluya una detección de celos precisa, un buen manejo de la inseminación artificial, y una monitorización adecuada de los parámetros reproductivos (número de inseminaciones, días abiertos, tasas de no retorno, etc).

Es conveniente planificar correctamente las curvas de lactación, ya que los niveles de producción actuales permiten alargar las lactaciones más allá de los 305 días, aumentando así la vida productiva de los animales, y transicionando al periodo seco de forma menos estresante para la vaca. La cría de los animales debe garantizar el bienestar desde el primer día, siguiendo el calendario de vacunación, y cubriendo todas las necesidades básicas de los animales para mejorar la supervivencia. El manejo de los animales debe siempre considerar buenas prácticas de bienestar. Como ejemplo se pueden consultar las guías de buenas prácticas publicadas por el ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (<https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/>).

Los programas de gestión técnica son herramientas que permiten tener un mayor control del rebaño, lo que contribuye a mejorar la sostenibilidad económica y los parámetros de eficiencia de la granja.

C/ **Salud**

Los problemas de salud tales como enfermedades, pero también lesiones, provocan que se necesiten más animales para producir la misma cantidad de producto. La mejora de la salud permite una mejora de la eficiencia productiva del rebaño, de modo que se puede producir más alimento con menos animales. Un rebaño que goce de buena salud maximiza su capacidad productiva optimizando los recursos y, además, disminuye los desechos. Tomando como ejemplo el ganado lechero, tanto la cojera como la mastitis reducen la producción de leche, lo que aumenta las emisiones de GEI por litro de leche producido. Otro buen ejemplo es el impacto de los parásitos sobre la salud y la eficiencia productiva. Se ha demostrado que los animales que tienen una carga elevada de parásitos intestinales disminuyen su capacidad productiva y además destinan más energía a “combatir” la infestación parasitaria, lo que acaba resultando en una mayor intensidad de emisiones.

Además, un peor estado físico y de salud del ganado produce una menor ingesta de alimento, una reducción en la capacidad de digerir los alimentos y mayores requerimientos de energía para el mantenimiento.

Además, una mejor salud puede reducir la tasa de reposición debido a lesiones y enfermedades y, por lo tanto, es probable que extienda la vida productiva promedio del rebaño. Esto hace que necesitemos menos animales para producir la misma cantidad de producto, haciendo que, de nuevo, se reduzca la intensidad de emisiones de GEI, o, lo que es lo mismo, la cantidad de GEI por unidad de producto.

Las mejoras en la salud de los animales también mejoran los resultados productivos, lo que se traduce en una mayor eficiencia en el uso de los recursos, y permite la utilización íntegra de todos los derivados del animal, algo que también mejora la eficiencia.

D/ **Bienestar animal**

La mejora del bienestar animal se ha propuesto como una estrategia para reducir las emisiones de GEI, mediante un incremento de la eficiencia productiva. Por ejemplo, la reducción del estrés social, un mejor confort térmico o el aumento en la supervivencia de las crías, son medi-

Capítulo 8

El manejo de los animales: reducción de impacto ambiental mediante la mejora en eficiencia y bienestar animal

das que permiten mejorar el bienestar animal mientras se mejoran la productividad y se reducen las emisiones. En líneas generales, el incremento en el bienestar tiende a correlacionarse con una mayor eficiencia en la producción, logrando obtener una mayor cantidad de productos por la misma o menor cantidad de alimento. Esto se debe, principalmente, a la disminución de la respuesta al estrés, lo cual reduce la capacidad de movilizar recursos para la producción. Es decir, el estrés necesita energía para desencadenarse, la cual deja de destinarse al crecimiento (engorde) o a la producción. Al mismo tiempo, el estrés aumenta la susceptibilidad a enfermedades, las cuales como hemos visto en el párrafo anterior, provocan un aumento de las emisiones de GEI.

Las estrategias para reducir las emisiones mediante mejoras en el bienestar animal tienen claramente un doble efecto positivo al abordar dos aspectos importantes con re-

lación a las preocupaciones sociales: la calidad ética de la producción animal y su impacto ambiental. Además, estas estrategias suelen mejorar la eficiencia productiva, lo cual también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad económica de las explotaciones ganaderas. El incremento en la eficiencia del ganado también conlleva a una disminución de las emisiones de otros gases y contaminantes por unidad de producto.

Las recomendaciones para mejorar el bienestar son múltiples, incluyendo proporcionar un entorno y alojamiento adecuados que promuevan el confort durante el descanso, así como espacio suficiente para promover la movilidad de las vacas y su comportamiento natural como el tiempo de descanso o el comportamiento social. Además, debe proveerse a los animales de un ambiente libre de factores estresantes a fin de maximizar el bienestar físico, pero también emocional de las vacas.





EL VACUNO LECHERO ES CRUCIAL PARA LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA, SOCIAL Y AMBIENTAL, EN LAS ZONAS RURALES

ACERCA DE LOS AUTORES

Pol Llonch

Doctor en veterinaria por la Universidad Autónoma de Barcelona, la misma universidad donde trabaja como investigador Ramón y Cajal, tras haber pasado por centros como el IRTA, y la Universidad de Warwick y el Scotland's Rural College del Reino Unido. Su área de investigación es el comportamiento y el bienestar en animales de granja. Dentro de esta área, ha investigado sobre la relación entre bienestar animal y el impacto ambiental de la ganadería. Ha publicado numerosos artículos científicos, incluyendo los primeros estudios sobre la relación entre bienestar animal y sostenibilidad ambiental, demostrando que la mejora de la salud y el bienestar animal permiten reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En la actualidad, Pol Llonch ejerce de coordinador técnico del proyecto europeo ClearFarm, que investiga el uso de la ganadería de precisión para mejorar la sostenibilidad de la ganadería.

Oscar González-Recio

Dr. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Técnica de Madrid. Después de completar su doctorado, trabajó como investigador postdoctoral en la Universidad de Wisconsin-Madison, donde se especializó en evaluaciones mejoradas por genómica y selección genómica. En 2013, se trasladó al Departamento de Medio Ambiente e Industrias Primarias en Melbourne, Australia, donde desempeñó el cargo de Investigador Principal Senior, centrándose en proyectos relacionados con la fertilidad y la eficiencia alimentaria. Desde 2015, Oscar ocupa el cargo de Científico Senior en el INIA-CSIC, donde ha iniciado una nueva línea de investigación enfocada en la relación entre la eficiencia alimentaria, las emisiones de metano y el microbioma ruminal

CON CLU SIO NES

El vacuno lechero es crucial para la sostenibilidad económica, social y ambiental, en las zonas rurales. Las granjas de vacas generan empleo y oportunidades económicas de estos municipios, evitando la migración hacia áreas urbanas y la despoblación del entorno rural. Sin embargo, la ganadería puede tener un impacto sobre el medio ambiente basado principalmente en las emisiones de GEI, el uso de recursos naturales y la contaminación del agua y el suelo.

Las emisiones de metano procedentes de la digestión del alimento consumido por los rumiantes son particularmente significativas, aunque se ha logrado reducir su impacto a través de mejoras en la eficiencia productiva y la alimentación. Además, el sector también contribuye a la contaminación del agua y el suelo a través de los residuos del vacuno lechero y puede promover la diseminación de genes de resistencia a antimicrobianos. Sin embargo, la ganadería también puede contribuir a la mitigación de los impactos ambientales mediante mejoras en la gestión del estiércol, la producción eficiente de alimentos y el uso de nuevas tecnologías para reducir las emisiones de GEI.

La ciencia ha dedicado importantes esfuerzos a buscar las estrategias más eficientes para reducir este impacto y lograr un efecto mitigador sin comprometer los beneficios económicos y sociales. Entre las estrategias más

destacadas para lograr una mayor sostenibilidad ambiental se encuentran: la selección genética, el manejo adecuado de los animales y la mejora de la salud y bienestar del ganado. La selección genética ha mejorado notablemente la eficiencia productiva del vacuno lechero, consiguiendo duplicar la eficiencia en el último siglo. Además, contribuye a mejorar la salud de los animales y el bienestar en general. La gestión adecuada de la cría, la reproducción y el manejo son importantes para optimizar la productividad y reducir el impacto ambiental. La mejora de la salud de las vacas reduce el número necesario de animales para producir la misma cantidad de producto y disminuye las emisiones de GEI. Por último, la mejora del bienestar animal también puede aumentar la eficiencia productiva y reducir las emisiones.

En resumen, si bien la ganadería lechera aporta importantes beneficios para la sociedad, no puede menospreciarse el impacto ambiental que puede tener. Sin embargo, existen numerosas estrategias que pueden implementarse para reducir notablemente este impacto, consiguiendo una producción sostenible tanto social como ambientalmente.

LA UTILIZACIÓN DEL ESTIÉRCOL Y EL PURÍN EN CAMPO

PILAR MERINO

*Departamento de Conservación
de Recursos Naturales en NEIKER*

NEIKER
MEMBER OF
BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE





INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera en España se ha venido desarrollando en el tiempo en base a la diversidad de condiciones edafoclimáticas y de orografía de cada territorio, lo que, unido a una diferente evolución social y económica, ha dado lugar a una variación en los niveles de intensificación ganadera. De esta manera, en algunas zonas, llegan a alcanzarse cargas ganaderas elevadas, con el consiguiente volumen de deyecciones a gestionar. En Europa, el 80% del estiércol es producido por el 4% de las explotaciones, que albergan más de 50 UGM (Amann *et al.*, 2017). Por el contrario, existen zonas en que la disponibilidad de terreno agrícola permite asumir las deyecciones animales generadas, favoreciendo el uso de purines y estiércoles como fertilizantes en un marco de economía circular. En consecuencia, resulta necesario conocer con exactitud las características y el entorno de los diferentes sistemas ganaderos, dada su diferente incidencia ambiental.

Además, dentro de cada sistema productivo, seguiremos encontrando diferencias condicionadas por el uso del suelo y su disponibilidad, por los precios en el mercado de los insumos, el manejo del ganado, etc., que modularán la gestión de las deyecciones incluso dentro de una misma explotación a lo largo del tiempo.

Por otra parte, en los últimos años, el aumento en los costes del fertilizante mineral ha favorecido la reutilización de los estiércoles y purines en la explotación o su exportación a sistemas agrícolas, dando lugar a la reducción de emisiones que se producirían en la fabricación de los fertilizantes minerales así evitados. Un enfoque integrado del nitrógeno podría ser especialmente atractivo desde el punto de vista económico: Leip *et al.*, 2011 estimaron que el N contenido en las deyecciones ganaderas

que puede llegar al suelo supone 7 millones de toneladas de nitrógeno al año. Durante el manejo del estiércol, las pérdidas de N se han estimado en 3.5-4.5 Tg N/ año en 2013 (Billen *et al.*, 2021).

En este capítulo se detalla una serie de estrategias y recomendaciones para el aprovechamiento de purines y estiércoles con el objeto de revalorizarlos en su utilización como fertilizante.

IMPORTANCIA Y PRINCIPALES IMPACTOS

La importancia de una adecuada gestión de los estiércoles y purines se debe tanto a su valor como fertilizante como a su manejo para evitar pérdidas de nutrientes que puedan ocasionar contaminación difusa en aguas, suelo y aire. Por ello, diversos factores como la composición del estiércol, la duración y condiciones de almacenamiento, los tratamientos que se apliquen y la aplicación al campo en determinadas dosis y condiciones climáticas serán decisivos para optimizar su uso.

En España, según el inventario de GEIs reportado por el MITECO en 2023, el 11.9% de las emisiones de GEIs proviene de la agricultura y ganadería, siendo la gestión del estiércol responsable del 3.5% de las emisiones totales. Los principales gases derivados de la gestión de estiércol son el metano (almacenamiento), N₂O (aplicación campo) y amoníaco (almacenamiento y aplicación a campo). El NH₃ no es un gas invernadero, pero puede dar lugar a procesos de deposición y a emisiones indirectas de N₂O.

Los parámetros más relevantes de composición de las deyecciones ganaderas relacionados con una gestión dirigida

da a reducir emisiones de amoníaco o gases invernadero son el contenido en materia seca, en materia orgánica y en nitrógeno. La materia seca nos da una idea tanto del manejo requerido como de las opciones a tratamiento disponibles, así mismo, condiciona su aplicación a campo. La materia orgánica, y, concretamente, su contenido C/N son un parámetro que nos permitirá, por una parte, conocer la adecuación de las deyecciones a tratamientos como digestión anaerobia o compostaje. Y, por otra parte, su aporte al suelo, ya sea como fertilizante o durante el pastoreo bien manejado a un suelo pobre, permitirá mejorar el contenido en materia orgánica del suelo y, por tanto, de las actividades microbianas que reflejan la salud del suelo, aumentando su potencial de secuestro de carbono. El nitrógeno que no se asimila por los cultivos puede dar lugar a pérdidas al medio por lixiviación de nitrato y desnitrificación del nitrato en óxido nitroso y nitrógeno. En este sentido, el reciente Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre establece unas normas básicas para fertilizar racionalmente los cultivos recogiendo prácticas dirigidas a disminuir las pérdidas de nutrientes al medio. En el caso de explotaciones ganaderas con base territorial, se indica la prioridad por el uso de estiércol generado para abonar tierras propias. Por su parte, el nuevo decreto de ordenación bovina (Real Decreto 1053/2022, de 27 de diciembre) exige que se calcule o determine el contenido en N de las deyecciones en relación con el área disponible para su aplicación. No obstante, en zonas de elevada densidad ganadera, es posible que sea conveniente llevar a cabo algún tratamiento para facilitar su almacenamiento o transporte.

PROPUESTAS DE MEJORA Y SU EFECTO

El documento de Caracterización de deyecciones de bovino lechero (MAPA, 2021) informa que mayoría de las deyecciones sólidas son enterradas entre las 12 y las 24 horas tras su aplicación al campo, mientras que en el caso de las deyecciones líquidas, la mayoría se entierran en el momento de la preparación del terreno para la siembra. Estas acciones constituyen buenas prácticas ya implantadas en gran parte de las explotaciones. A continuación, se señalan algunas acciones de mejora en la gestión de purines y estiércol de cara a mitigar las emisiones de gases invernadero bien directa o indirectamente a través de la reducción de la volatilización de amoníaco. Así, las medidas que reducen las pérdidas de N, también deberían reducir, en última instancia, la demanda de fertilizantes

sintéticos, llevando a un doble beneficio, ya que también se reducirán las emisiones de nitrógeno reactivo y de GEI (N_2O , CH_4 y CO_2) derivadas de los procesos de fabricación de fertilizantes que consumen energía.

Además de aportar nutrientes al suelo, la aplicación de purines y estiércol en suelos puede aumentar las reservas de SOC. Estos aumentos dependen de numerosos factores como tipo de enmienda, degradabilidad de la materia orgánica, características del suelo, en especial el contenido en arcilla, tipo de laboreo, contenido inicial de carbono en suelo, etc). Se ha visto que aplicaciones a largo plazo de estiércol o compost (9 años) pueden aumentar el contenido en carbono orgánico. Por el contrario, las formas líquidas o con menor materia seca (estiércol, compost) muestran menor potencial para aumentar el carbono en suelo (Bhogal *et al.*, 2018).

El compostaje suele ser una tecnología de bajo coste, pero implica requisitos de espacio y consumo de energía. En general, no suele recomendarse para mitigar emisiones, pero puede ser interesante en base a otros criterios (por ejemplo, reducción de volumen y peso, estabilidad del producto compostado, reducción del olor, posibilidad de oferta en mercado y mejora del suelo).



Dentro de un manejo sostenible a escala de explotación, las medidas de aplicación a campo constituyen el final de la cadena de flujo de los nutrientes exportados en la granja. Conviene procurar que dichos nutrientes se conserven desde el inicio de su entrada al sistema a través de la alimentación (Merino *et al.*, 2008), minimizando las pérdidas en etapas anteriores como el alojamiento, almacenamiento y posibles tratamientos que pueden influir en su composición (procesos de sedimentación, formación de costra, presencia de cubiertas, uso de inhibidores de la nitrificación, etc.). Alrededor del 40% del contenido de nitrógeno fácilmente disponible de los fertilizantes orgánicos puede perderse tras su aplicación al suelo en forma de amoníaco. Estas pérdidas pueden reducirse si los fertilizantes son incorporados rápidamente al suelo (Viguria *et al.*, 2014).

EN ESPAÑA, EL 11.9% DE LAS EMISIONES DE GEIs PROVIENE DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA

Las emisiones de NH_3 en sistemas de aplicación tradicional como el abanico son, en promedio, el 25% del nitrógeno amoniacal total (rango 10-47%), pudiendo reducirse prácticamente a la mitad utilizando sistemas de tubos colgantes (Hani *et al.*, 2016). La aplicación de estiércol y purín con técnicas de bajas emisiones podría aumentar la disponibilidad de nitrógeno para el crecimiento de los cultivos si se aplica en el momento adecuado y también podría reducir la necesidad de fertilizantes minerales, lo que supondría una reducción adicional del 10% de amoníaco (UNECE, 2021). En el caso de los purines, las técnicas de inyección (figura 1) y aplicación en bandas son métodos de aplicación eficaces que reducen las emisiones de amoníaco (normalmente en un 30-70%) en comparación con la aplicación en abanico. Además, las pérdidas de amoníaco suelen ser menores a partir de materiales líquidos con bajo contenido en materia seca, dado que se infiltran más rápidamente en el suelo. Por el contrario, los materiales con mayor materia seca permanecen en la superficie del suelo/cultivo durante más tiempo, provocando mayores pérdidas. Como efecto cruzado, las emisiones de N_2O pueden aumentar debido a las condiciones anóxicas derivadas de la inyección o enterrado del purín, incluso si se utilizan inhibidores de la nitrificación tal y como describen (Herr *et al.*, 2020) en cultivos de maíz.

Existen numerosos aditivos comerciales para uso en alojamiento o almacenamiento del purín y/o estiércol, pero su eficacia no se ha demostrado en todos los casos. Aún menos se dispone de ensayos a escala de granja, donde influyen factores como la nutrición, la temperatura, limpieza, etc. que influyen sobre las dosis requie-

Factores a considerar en el uso del purín y del estiércol como fertilizantes

- 1_ Plan de abonado
- 2_ Tratamiento
- 3_ Modo de aplicación
- 4_ Gestión del pastoreo



ridas, a lo que se suma la dificultad de homogeneizar el producto en las balsas de almacenamiento con cada aplicación, etc. En general, los resultados documentados por ensayos científicos o similares son muy escasos para todos estos aditivos.

El uso de inhibidores de la desnitrificación, utilizados de forma frecuente con fertilizantes minerales, parece que también puede reducir las emisiones del manejo de los purines, aunque su eficacia varía entre los distintos estudios. Los procesos microbiológicos por los que se producen NH_3 y N_2O en las deyecciones y en el suelo se pueden modificar gracias al uso de aditivos químicos o biológicos a través de inhibidores de la ureasa y de la nitrificación respectivamente. En cuanto a los inhibidores de la nitrificación, se ha observado que los efectos de los inhibidores de la nitrificación aplicados tanto con fertilizante mineral o purín pueden variar entre 0 y 90% de reducción de las emisiones de N_2O (Peixoto y Pedersen, 2023). La variabilidad de los niveles de emisión y de los tratamientos se explicaron en relación con el clima (temperatura y precipitaciones), la distribución de los fertilizantes y el crecimiento de los cultivos.

Prolongar el periodo de pastoreo podría reducir significativamente las emisiones de NH_3 del ganado vacuno, debido a las menores emisiones directas de los animales en los pastos a causa de la rápida infiltración de la orina en el suelo en comparación con los animales estabulados. Los periodos más cortos en establos reducen las emisiones derivadas de la práctica, las del posterior almacenamiento y las de la aplicación del estiércol. Las emisiones del ganado estabulados y de la cadena de gestión posterior del estiércol suelen ser más de un orden de magnitud mayores que las del pastoreo. La eficacia depende del tiempo que pasen fuera y de la limpieza del establo.



Figura 1. Detalle de inyector de purín.

ACERCA DE LOS AUTORES

Dra. Pilar Merino

Investigadora en el Departamento de Conservación de Recursos Naturales en NEIKER. Tiene una experiencia de más de 20 años realizados en estudios de mitigación de emisiones de gases en agricultura. Su equipo de trabajo es de los pocos que cuenta con publicaciones científicas llevadas a cabo considerando diferentes fuentes de emisión a escala de granja.

CON CLU SIO NES

Una combinación equilibrada de medidas de bajo coste podría reducir eficazmente las emisiones totales de gases invernadero y amoníaco de toda la cadena de alimentación–alojamiento–almacenamiento–aplicación. Un enfoque global tendría como objetivo ajustar la entrada de nitrógeno en la alimentación a las necesidades. Los periodos de pastoreo prolongados para el ganado vacuno podrían desempeñar un papel importante en la reducción de emisiones. En el caso de los sistemas de almacenamiento, el uso de cubierta y el uso de equipos de bajas emisiones pueden contribuir a reducir las emisiones de amoníaco significativamente.

**EL COMPOSTAJE SUELE
SER UNA TECNOLOGÍA
DE BAJO COSTE, PERO
IMPLICA REQUISITOS
DE ESPACIO Y
CONSUMO DE ENERGÍA**



SECUESTRO DE CARBONO EN EL SUELO

**COMO MEDIDA PARA LA DESCARBONIZACIÓN
DEL SECTOR AGRARIO: EL CASO DE LA
AGRICULTURA REGENERATIVA**





ÓSCAR VEROZ GONZÁLEZ
MANUEL R. GÓMEZ ARIZA

*Asociación Española Agricultura de
Conservación Suelos Vivos*



EMILIO J. GONZÁLEZ SÁNCHEZ
JESÚS A. GIL RIBES

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Agronómica y de Montes, Universidad de Córdoba.
Córdoba*



JULIO ROMÁN VÁZQUEZ

European Conservation Agriculture Federation



ROSA M^a CARBONELL BOJOLLO
RAFAELA ORDÓÑEZ FERNÁNDEZ

*Área de Recursos Naturales y Forestales. Instituto
Andaluz de Investigación y Formación Agraria,
Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica
(IFAPA). Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y
Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía*



Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria,
Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica
Consejería de Agricultura,
Pesca, Agua y Desarrollo Rural



INTRODUCCIÓN

El suelo, uno de los recursos naturales vitales para la producción de alimentos y la crianza de animales, constituye uno de los pilares esenciales para el normal desarrollo de gran parte de las actividades humanas, y en especial, de la agricultura.

En los últimos años, la atención de los legisladores en la lucha frente al cambio climático ha acelerado el interés por este biotopo debido a su capacidad para almacenar el carbono atmosférico. Así pues, el suelo constituye la mayor reserva de este elemento de los ecosistemas terrestres (Lal, 2008) situándose, con 2,4 billones de toneladas de carbono en los dos primeros metros de profundidad, como el segundo reservorio mundial tras los océanos (Batjes, 1996). Como consecuencia de ello, los suelos almacenan hasta tres veces más carbono que la atmósfera (Smith, 2004) y cuatro veces más que la biomasa aérea. Para hacernos una idea de lo que en términos de emisiones de CO₂ supone esta cantidad de carbono almacenado en el suelo, la reducción de la cantidad almacenada de sólo el

5% equivaldría a emitir CO₂ a la atmósfera en un periodo de entre 2 a 4 años (Ademe, 2015). Esta cantidad de carbono almacenada en el suelo es resultado del efecto sumidero que éste realiza sobre el CO₂ atmosférico, efecto producido a través de la actividad fotosintética de las plantas y posterior incorporación del carbono al suelo de manera permanente, cuando las estructuras vegetativas se degradan. Por todo ello, en la actualidad, el suelo constituye un importante aliado para la lucha contra el cambio climático, gracias al secuestro del carbono atmosférico producido por su efecto sumidero, reduciendo así, la concentración de CO₂.

Pero, de igual manera que el suelo almacena carbono, lo puede perder por una mala praxis agrícola en forma de emisiones de CO₂ o por fenómenos como la erosión y escorrenría. En este sentido, son varios los autores que coinciden al afirmar que la perturbación del suelo por labranza es una de las mayores causas de la disminución del carbono en el suelo (Balesdent *et al.*, 1990; Six *et al.*, 2004; Olson *et al.*, 2005). A este respecto, algunos estudios confirman que la agricultura intensiva basada en el laboreo ha contribuido a la pérdida entre un 30% y un 50% del



EL SUELO CONSTITUYE LA MAYOR RESERVA DE CARBONO ATMOSFÉRICO DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

carbono del suelo en las últimas dos décadas del siglo XX (Reicosky, 2011). Así pues, el laboreo tiene una influencia directa sobre las emisiones de CO₂ del suelo a la atmósfera tanto a corto plazo (inmediatamente después de labrar) como a largo plazo (durante la campaña del cultivo). Ello se debe a que el laboreo estimula la producción y acumulación de CO₂ en la estructura porosa del suelo a través de los procesos de mineralización de la materia orgánica. La acción mecánica del laboreo supone una rotura de los agregados del suelo, con la consiguiente liberación del CO₂ atrapado en el interior de los mismos y su posterior emisión a la atmósfera.

En base a todas estas consideraciones, las acciones de descarbonización del sector agrario pasan por incrementar la capacidad de secuestro del carbono en el suelo, a la par que reducir las emisiones de GEI en general. Si las medidas adoptadas, además de mitigar el cambio climático, tienen la capacidad de mejorar el balance del agua y la calidad del suelo, además de incrementar la biodiversidad, estaremos en disposición de afirmar que favorecerán la adaptación de los cultivos a escenarios en los que sea necesario hacer frente a una menor disponibilidad de los recursos hídricos, a una mayor incidencia de fenómenos meteorológicos extremos que incremente el riesgo de erosión, o a la incidencia de nuevas plagas y enfermedades. Es aquí donde cobran fuerza prácticas agrarias, propias de la agricultura de conservación o, llamada también, agricultura regenerativa --como la supresión del laboreo, la presencia de una cobertura vegetal sobre el suelo o la rotación de cultivos--, cuyo desarrollo favorece la regeneración de los recursos naturales de esos ecosistemas.

NECESIDAD DE IR A UNA DESCARBO- NIZACIÓN EN EL SECTOR AGRARIO

En el año 2019, la Unión Europea asumió el reto de lograr la neutralidad climática de la economía en el 2050 a través del Pacto Verde Europeo, ante el consenso generalizado en la comunidad científica sobre el impacto sin precedentes que la quema de combustibles fósiles, el cambio de usos de suelo, la urbanización, los procesos industriales, los modos de consumo y, en definitiva, nuestro modelo de desarrollo han generado en el sistema climático, incrementando la concentración de GEI muy por encima de cualquier otro periodo conocido de la historia. Dicho reto, incluido en la primera Ley Europea del Clima (Reglamento (UE) 2021/1119), tuvo un primer impulso

en el año 2020, momento en el que la UE estableció un objetivo de reducción para 2030 del 55% de las emisiones de GEI con respecto a 1990 (COM (2020) 562 final). Para alcanzar dicho objetivo, tanto los ecosistemas naturales como las actividades industriales deben contribuir a eliminar de la atmósfera varios cientos de millones de toneladas de CO₂ al año, es por ello por lo que la Comisión Europea propuso, por primera vez, un objetivo específico para la absorción neta del UTCUTS (Usos de la Tierra, Cambios del Uso de la Tierra y Selvicultura) de 310 millones de toneladas equivalentes de CO₂ de aquí a 2030 (COM (2021) 554 final).

Por otro lado, y según los últimos datos publicados en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI (año 2021), las emisiones correspondientes al sector agrario representaron el 11,9% de las emisiones totales en España, siendo la tercera actividad emisora nuestro país. En contraste, si sólo se tienen en cuenta los sectores difusos, es decir aquellos sectores que abarcan las actividades no sujetas al comercio de derechos de emisión, la agricultura fue en 2018 (último año con datos publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), con el 19% del total de emisiones de dichos sectores, la primera actividad emisora.

Así pues, ya sea por los compromisos climáticos adquiridos en el marco de las normativas europeas, o por la necesidad de hacer de la agricultura una actividad menos emisora, se requieren impulsar medidas que promuevan la descarbonización del sector agrario. Afortunadamente el potencial de dicho sector en estos términos es muy relevante tal y como se reconoce en diversos documentos como por ejemplo el Plan Estratégico de la PAC en España (PEPAC) o el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2030 (PNIEC), entre otros. Concretamente, el PEPAC reconoce como fortaleza del sector, las posibilidades de impactar positivamente en la mitigación y adaptación al cambio climático a través de la captura de carbono y la existencia de prácticas y herramientas para ello. Por su parte, el PNIEC, identifica diversas medidas aplicables en España para incrementar los sumideros agrícolas, como la siembra directa o las cubiertas vegetales en cultivos leñosos. De manera global, el PNIEC cifra que las medidas propuestas en sumideros forestales y agrícolas generarían unas absorciones adicionales de 0,96 MtCO₂-eq en 2030 respecto al escenario tendencial (0,78 MtCO₂-eq en sumideros forestales y 0,18 MtCO₂-eq en sumideros agrícolas).

AGRICULTURA REGENERATIVA: PRÁCTICAS MÁS RELEVANTES PARA EL SECUESTRO DEL CARBONO

El término *agricultura regenerativa* fue acuñado por primera vez a principios de la década de los 80 por el Instituto Rodale a través de su fundador, que la definió como "aquella que, a niveles crecientes de productividad, aumenta nuestra base de producción biológica de la tierra y el suelo". Este tipo de agricultura tiene un alto nivel de estabilidad económica y biológica y un impacto mínimo o nulo sobre el medio ambiente más allá de la explotación" (Rodale, 1983). A pesar de esta primera aproximación, podemos afirmar que no existe un consenso sobre una definición de agricultura regenerativa, variando las interpretaciones según los autores que se han ido acercando a este término. Recientemente, investigadores y responsables políticos han intentado definir la agricultura regenerativa para orientar la investigación y el desarrollo de políticas en el futuro. Basándose en un análisis cualitativo de 28 estudios, Schreefel *et al.*, 2020 propusieron una definición provisional como "un enfoque de la agricultura que utiliza la conservación del suelo como punto de partida para regenerar y contribuir a múltiples servicios de aprovisionamiento, regulación y apoyo, con el objetivo de mejorar no sólo las dimensiones medioambientales, sino también las sociales y económicas de la producción sostenible de alimentos". Por el contrario, Newton *et al.*, 2020 utilizando un enfoque de metaanálisis, descubrieron que muchas definiciones de la agricultura sostenible se basaban en procesos o en resultados o, en algunos casos, en una combinación de ambos. En cualquier caso, la agricultura regenerativa, aunque utilice un nuevo lenguaje, no difiere de lo que representan términos como agricultura sostenible, la intensificación sostenible la agricultura climáticamente inteligente, la agricultura ecológica, la agroecología, etc (Giller *et al.*, 2021). Con todo ello, en líneas generales podríamos definir la agricultura regenerativa como un conjunto de prácticas agrarias que utiliza la conservación del suelo como punto de partida para regenerar y contribuir a la producción de alimentos y otros servicios ecosistémicos, sin menoscabo de la rentabilidad de las explotaciones.



Figura 1. Prácticas englobadas en la agricultura regenerativa

Rehbergeret *et al.*, 2023, basándose en la revisión realizada por Schreefel *et al.*, 2020, identificaron las prácticas que normalmente se engloban en el concepto de agricultura regenerativa (figura 1) y que son las siguientes:

LAS MEDIDAS DE DESCARBONIZACIÓN PASAN POR INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE SECUESTRO DEL CARBONO EN EL SUELO, A LA PAR QUE REDUCIR LAS EMISIONES DE GEI EN GENERAL

- Reducción de la perturbación del suelo, a través de la disminución o incluso supresión del laboreo, minimizando con ello el uso de maquinaria pesada que compacta el suelo.
- Mantenimiento de una cobertura vegetal sobre el suelo, ya sea a través de la presencia del rastrojo del cultivo sobre la superficie o mediante la implantación de cultivos cobertura, evitando así que el suelo esté desnudo durante determinadas épocas de la campaña agrícola.
- Diversificación de los sistemas de cultivo con rotaciones y/o combinaciones de cultivos en la misma parcela y al mismo tiempo.
- Optimización del uso de insumos agrícolas (fertilizantes, productos fitosanitarios), ya sea a través de agricultura de precisión o incluso sustitución por productos alternativos de origen orgánico.
- Agrosilvicultura, que es la integración de plantas leñosas perennes en cultivos herbáceos extensivos.
- Integración del ganado en el manejo del cultivo.
- Prácticas de pastoreo controlado.

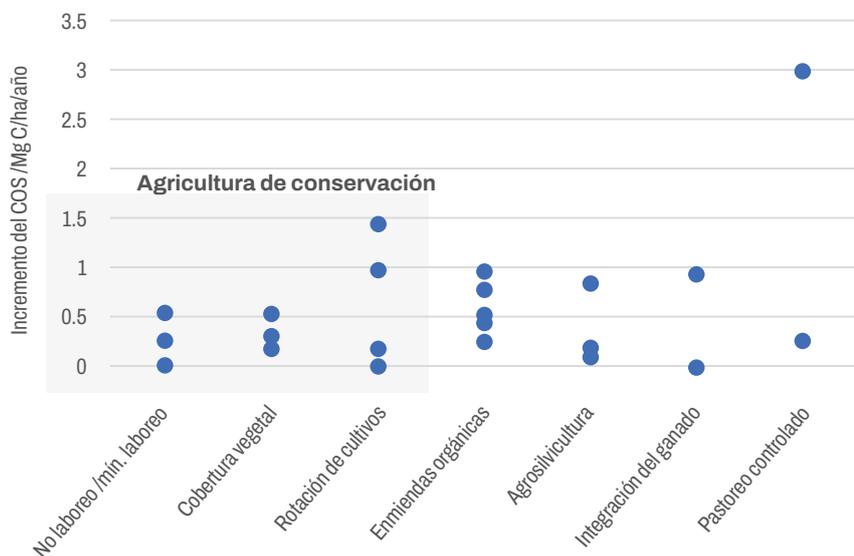


Figura 2. Tasas de incremento del carbono orgánico del suelo (COS) para cada una de las prácticas incluidas en agricultura regenerativa en base a los estudios revisados por Rehbergeret et al. (2023). Adaptado de Rehbergeret et al. (2023)

En este mismo estudio, Rehberger *et al.*, 2023 realizó una revisión bibliográfica de lo que, en términos de secuestro de carbono, representaban cada una de las prácticas contempladas en la agricultura regenerativa utilizadas de manera individual (*figura 2*), por lo que no se tenían en cuenta las sinergias que podrían tener dos o más prácticas utilizadas de manera conjunta en el incremento del efecto sumidero del suelo.

Como hemos comentado, la utilización conjunta de varias prácticas de manera simultánea, puede derivar en coeficientes de secuestro mayores. Así pues, la literatura científica recoge algunas pruebas de la eficacia de las prácticas de agricultura de conservación, en la que confluyen de manera simultánea las prácticas de no laboreo, cobertura vegetal y rotación de cultivos, tal y como se ha comentado anteriormente. En este sentido, González-Sánchez *et al.*, 2012 llegaron a la conclusión de que, en los suelos bajo siembra directa, se producía un incremento de la capacidad de fijación de carbono de entre 0,29 a 0,85 t ha⁻¹ año⁻¹ respecto a los suelos labrados dependiendo de la zona climática considerada. Estos valores están en consonancia con los estimados por Aguilera *et al.*, 2013 que sitúan la tasa de secuestro de carbono en suelos bajo siembra directa de 0,44 t ha⁻¹ año⁻¹ en suelos de clima mediterráneo. Respecto a las cubiertas vegetales en cultivos leñosos, González-Sánchez *et al.*, 2012, en base a los trabajos

revisados, obtuvieron una tasa de fijación superior en 1,59 t ha⁻¹ año⁻¹ a la del manejo convencional, mientras que Aguilera *et al.*, 2013 obtuvieron un valor intermedio de 0,27 t ha⁻¹ año⁻¹.



ACERCA DE LOS AUTORES

Óscar Veroz González

Ingeniero Agrónomo, Diploma de Estudios Avanzados en el Área de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Córdoba. Director Ejecutivo de la Asociación Española de Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV). Ha participado en la elaboración de informes técnicos para el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España y la Oficina Española de Cambio Climático, además de participar como coautor en varias publicaciones en artículos científicos publicados en revistas y libros especializados en la materia. Ha participado en varios proyectos financiados por el programa LIFE de la Unión Europea, siendo el coordinador general del proyecto LIFE Agromitiga "Development of climate change mitigation strategies through carbon-smart agriculture".

ACERCA DE LOS AUTORES

Emilio J. González Sánchez

Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesor del Área de Ingeniería Agroforestal del Departamento de Ingeniería Rural, Construcciones Civiles y Proyectos de Ingeniería de la ETSIAM-Universidad de Córdoba. Además, ha sido investigador visitante en el Imperial College London (Reino Unido) y en la Universidade de Évora (Portugal). En labores de desarrollo, ha colaborado con la FAO y el Banco Mundial en la difusión y adaptación de la Agricultura de Conservación en países de clima semiárido. Por otra parte, ha participado en 7 proyectos financiados por el programa LIFE de la Unión Europea habiendo sido el coordinador general de 4 de ellos.

Rosa M^a Carbonell Bojollo

Dra. Ingeniera Agrónoma. Investigadora contratada en IFAPA en el Área de Recursos Naturales y Forestales. Principales líneas de investigación: Agricultura de Conservación, Mitigación de Cambio climático, Economía circular y Fertilidad de suelos.

Jesús A. Gil Ribes. Dr. Ingeniero Agrónomo. Catedrático de Ingeniería Agroforestal, Presidente de la AEAC-SV. Ha sido IP de los Proyectos CPP Innolivar, Life Agromitiga, GOP Cubiertas vegetales en olivar y responsable del Grupo Investigación Mecanización y Tecnología Rural.

Rafaela M. Ordóñez Fernández.

Dra. en Ciencias Químicas. Investigadora Principal del IFAPA en el Área Recursos Naturales y Forestales. Sus principales líneas de investigación se centran en economía circular, técnicas de Agricultura de Conservación y sus efectos en el agroambiente y en los procesos de mitigación del Cambio Climático.

Manuel R. Gómez Ariza

Ingeniero Agrónomo, Diploma de Estudios Avanzados en el Área de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Córdoba. Responsable Técnico de Proyectos de la Asociación Española de Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV). Ha participado en 4 proyectos financiados por el programa LIFE de la Unión Europea, y en varios proyectos desarrollados en el marco de los Grupos Operativos de la Agencia Europea de Investigación, al igual que en proyectos en colaboración con empresas del sector

Julio Román Vázquez

Ingeniero Agrónomo y Máster en proyectos y gestión de industrias Agroalimentarias por la Universidad de Córdoba. HA desarrollado su carrera profesional en la Asociación Española de Agricultura de Conservación como ayudante técnico de proyectos. Asimismo ha realizado labores de investigación en el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria (IFAPA), y en la Universidad de Córdoba. En 2019 se incorpora a la Federación Europea de Agricultura de Conservación (ECAAF) como responsable de proyectos, desarrollando y gestionando todo tipo de proyectos relacionados con la agricultura sostenible basada en la Agricultura de Conservación. Su trabajo se centra en la reducción de la compactación del suelo, el uso de Buenas Prácticas de Manejo para mejorar la calidad del suelo y del agua, el uso sostenible de plaguicidas y la mitigación y adaptación al cambio climático basados en los principios de la Agricultura de Conservación.

CON CLU SIO NES

El secuestro de carbono en el suelo es una de las opciones más relevantes que tiene el sector agrario para reducir la concentración de GEI en la atmósfera. Así pues, cualquier medida que se adopte en el sector para la mitigación del cambio climático pasa indudablemente por favorecer la adopción de medidas que incrementen del efecto sumidero del suelo.

En referencia a las medidas a adoptar de cara a favorecer la descarbonización del sector por la vía del secuestro de carbono en el suelo, es importante que dichas medidas respondan no sólo a las exigencias medioambientales que demanda la sociedad de hoy en día, sino que también respondan a las necesidades del sector en materia de sostenibilidad social y económica.

La agricultura regenerativa es un concepto que está cobrando mucha fuerza en el sector. Si bien existen varias interpretaciones al respecto de lo que este término implica, queda claro que la regeneración del ecosistema agrario es la piedra angular del mismo, contemplando, entre otros objetivos, el incremento del secuestro del carbono en el suelo.

Por último y no menos importante, hay que señalar que la agricultura regenerativa hace suyos los principios de la agricultura de conservación (no laboreo, cobertura vegetal y rotación de cultivos), lo que pone de manifiesto el poder regenerativo de prácticas como la siembra directa en cultivos herbáceos o las cubiertas vegetales en cultivos leñosos, además de su capacidad de mitigar el cambio climático a través del secuestro del carbono, tal y como se evidencia en la literatura científica.



EL PAPEL DEL PASTOREO COMO HERRAMIENTA DE SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACA

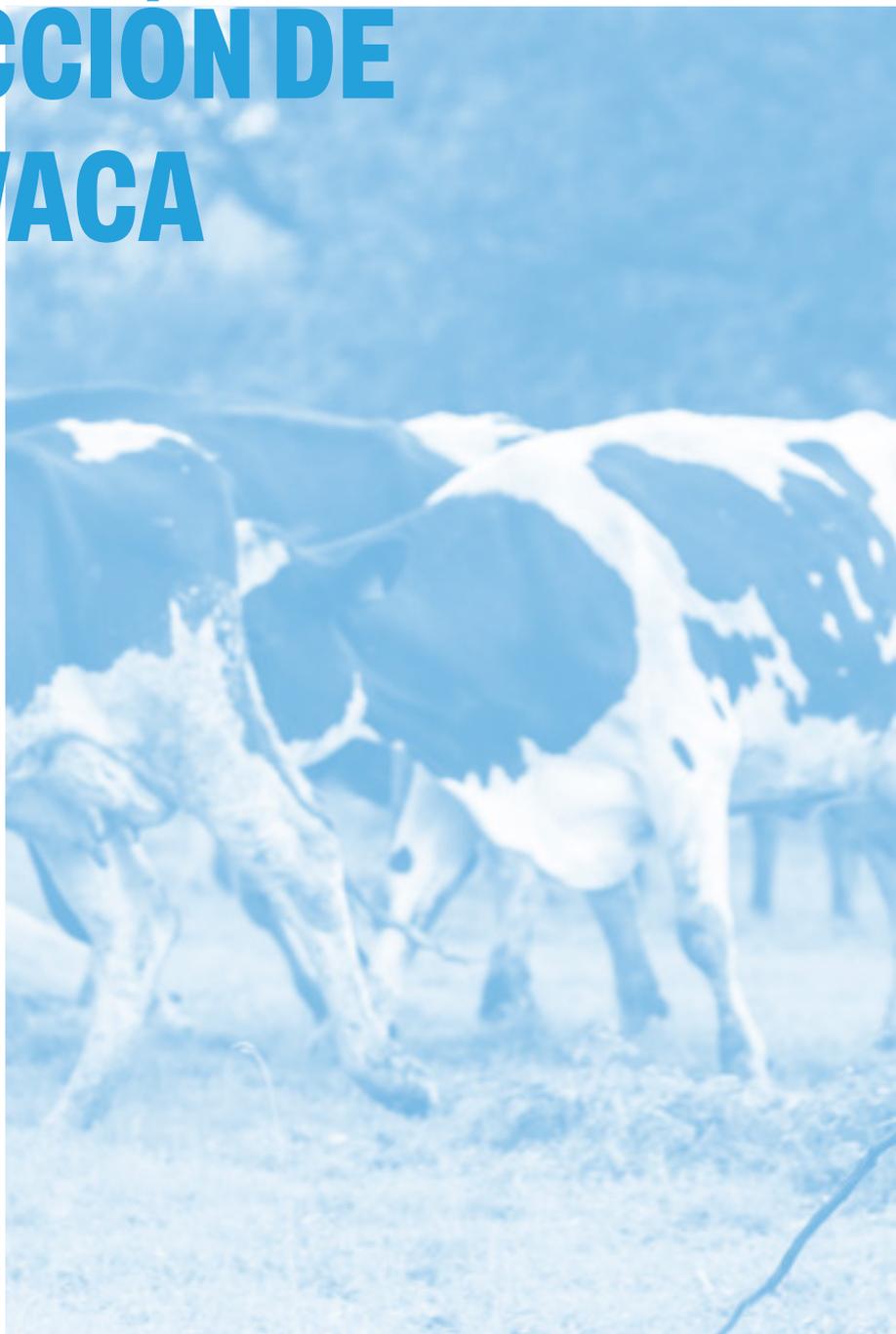
**G. FLORES, A. BOTANA, C.
RESCH Y J. CASTRO-ÍNSUA**

*Centro de Investigaciones Agrarias de
Mabegondo (CIAM)*



R. LORENZANA

*Laboratorio Interprofesional
Gallego de Análisis de Leche
(LIGAL)*



Capítulo 11_

El papel del pastoreo como herramienta de sostenibilidad de la producción de leche de vaca

INTRODUCCIÓN

La agricultura debe producir más alimentos sanos y seguros para una población mundial en crecimiento incesante en un entorno de escasez de recursos naturales, preservando la biodiversidad y la calidad de las aguas, mitigando los efectos del cambio climático, y satisfaciendo la preocupación de los consumidores en lo relativo al bienestar animal, a la par que reduciendo la competencia alimentaria entre animales y humanos.

En el presente trabajo, se revisan diversos aspectos relativos a la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción de leche de vaca en pastoreo y se presentan resultados de un trabajo realizado por el grupo de investigación en producción de leche del CIAM y del LIGAL, donde se realizó la evaluación ambiental de una muestra de explotaciones lecheras gallegas representativas de los diferentes sistemas de producción de leche de vaca aplicando el modelo Cap'2er®. La muestra comprendía granjas de pastoreo en sistemas ecológico (PECO) y convencional (PCON) y granjas que siguen el modelo mayoritario de producción con vacas permanentemente estabuladas alimentadas con mezclas completas de forrajes conservados y concentrados (TMR).



ALCANZAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA GLOBAL A TRAVÉS DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE COMO UNA EXIGENCIA DE LA SOCIEDAD

A mediados de noviembre de 2022, la población mundial alcanzó los 8 mil millones de personas. En tan solo 12 años esta cifra se había incrementado vertiginosamente en mil millones desde el año 2010, con un crecimiento centrado en los países menos desarrollados. Si bien se advierte una cierta ralentización de la tasa anual de progresión demográfica, las previsiones de las Naciones Unidas apuntan a que se alcance el umbral de los 9 mil millones de habitantes a final de la presente década. En paralelo al aumento poblacional, se ha observado un cambio en los hábitos alimentarios relativo a un incremento global en el consumo de proteínas animales (carne, leche y huevos) en detrimento de la proporción de cereales en la dieta. Según datos de la OCDE-FAO, las previsiones relativas a la evolución de la producción mundial de leche señalan un crecimiento anual del 1,7% para la próxima década, principalmente en los países con economías emergentes.

En los países desarrollados, con una demanda alimentaria estancada pero cuantitativamente muy importante, la sociedad se ha acostumbrado a disponer de alimentos de alta concentración nutricional a bajo precio y, al mismo tiempo, a exigir que la huella ambiental de la agricultura se reduzca progresivamente.

LOS SISTEMAS DE PASTOREO PROVEEN SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Tradicionalmente, el pastoreo era la principal fuente de alimentación en los sistemas de producción de leche. En la mayor parte de los países desarrollados los modelos evolucionaron a sistemas más intensivos basados en mezclas TMR ofrecidas a animales permanentemente confinados. La intensificación de los sistemas de producción de leche se ha basado en una mayor dependencia

de inputs producidos en base a fuentes de energía fósil y materias primas alimentarias, en particular proteicas, procedentes del exterior.

La elección del sistema de producción de leche en las diferentes regiones agroclimáticas está condicionada, entre otros factores, por la disponibilidad de tierra y sus características físicas y topográficas, la climatología y los requerimientos de energía de los animales. En España, únicamente en la zona húmeda atlántica de Galicia y la Cornisa Cantábrica podemos encontrar las condiciones de temperatura y pluviometría favorables para el sistema de producción de leche en base a pastos.

Se estima que solamente el 10-15% de la producción global de leche se basa en sistemas de pastoreo mientras que las estimaciones para la zona húmeda española sitúan dicha proporción en el entorno del 10% de la producción total (Flores *et al.*, 2017).

Los sistemas basados en pastoreo presentan diversos aspectos positivos en la producción de alimentos de alta calidad a partir de recursos forrajeros no directamente utilizables en la alimentación humana. La leche producida por vacas que integran la hierba fresca en su dieta como forraje principal suele presentar un contenido graso superior al del obtenido en sistemas confinados con dietas TMR y, adicionalmente, una mejor calidad de la grasa, incrementando la concentración en la leche de determinados nutrientes con carácter bioactivo que incluyen, entre otros, ácido vaccénico, ácido linoleico conjugado (CLA), ácido alfa-linolénico, vitamina E (alfa-tocoferol) y carotenoides (beta-caroteno y xantofilas).

Adicionalmente a la producción de forrajes, las áreas de pastos juegan un papel fundamental en el equilibrio ecológico mediante la preservación de la biodiversidad, el almacenamiento de carbono, el control de la erosión, la calidad de las aguas y la regulación del ciclo de nutrientes.

EN LOS SISTEMAS DE PASTOREO ES NECESARIO BUSCAR EL EQUILIBRIO ENTRE ANIMALES, MANEJO Y RECURSOS NATURALES

La productividad en los sistemas de producción de leche en pastoreo está habitualmente limitada por el nivel de energía que los animales pueden extraer del pasto. En comparación con los sistemas de producción de leche en confinamiento, es necesario conocer y aplicar un manejo adecuado del pasto combinando el aprovechamiento a diente con la conservación de los excedentes de hierba en primavera-verano, así como disponer de animales adaptados a este sistema de producción, capaces de consumir altas cantidades de materia seca en pastoreo, longevos y con un reducido intervalo entre partos. Por otra parte, es necesario incrementar el uso de mezclas pratenses con participación destacada de leguminosas que permitan introducir nitrógeno en el sistema mediante la fijación simbiótica y reducir, consecuentemente, el uso de fertilizantes minerales nitrogenados.

NO ES POSIBLE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL SIN SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Un aspecto clave en el diseño de los sistemas de producción es que la sostenibilidad ambiental deseada tenga un mínimo o nulo impacto en la sostenibilidad económica de la explotación. En este sentido, la desintensificación de determinados elementos de la producción pueden causar pérdidas de renta que se manifiestan a corto o mediano plazo en relación con el statu-quo inicial. Desde este punto de vista, la provisión de las externalidades positivas ambientales debería ser debidamente remunerada con un mayor precio unitario al productor, ya sea mediante la diferenciación del producto por la población consumidora, mediante el pago con dinero público por la provisión de los bienes públicos que el mercado no consigue remunerar plenamente, o mediante una combinación de ambas vías (Delaby, 2020). El tamaño, estructura familiar y dispersión de las unidades productivas basadas en el pasto contribuye de manera evi-

LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN LAS DIFERENTES REGIONES AGROCLIMÁTICAS ESTÁ CONDICIONADA, ENTRE OTROS FACTORES, POR LA DISPONIBILIDAD DE TIERRA Y SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TOPOGRÁFICAS, LA CLIMATOLOGÍA Y LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA DE LOS ANIMALES

dente a la fijación de la población en el medio rural, elemento clave en la lucha contra el abandono de amplias zonas del territorio y sostén económico de muchas comarcas de nuestro territorio, siendo, además, un elemento clave en la lucha proactiva contra los incendios forestales.

EL BIENESTAR ANIMAL INCLUYE LA SALUD Y EL COMPORTAMIENTO

El concepto de bienestar animal abarca, además del mantenimiento de la salud del ganado, aspectos relativos a facilitar su comportamiento natural sin restricciones. El pastoreo de grupos de animales proporciona estos requisitos, facilitando el contacto social e incluyendo la posibilidad de expresar la normal jerarquía entre grupos. Adicional-

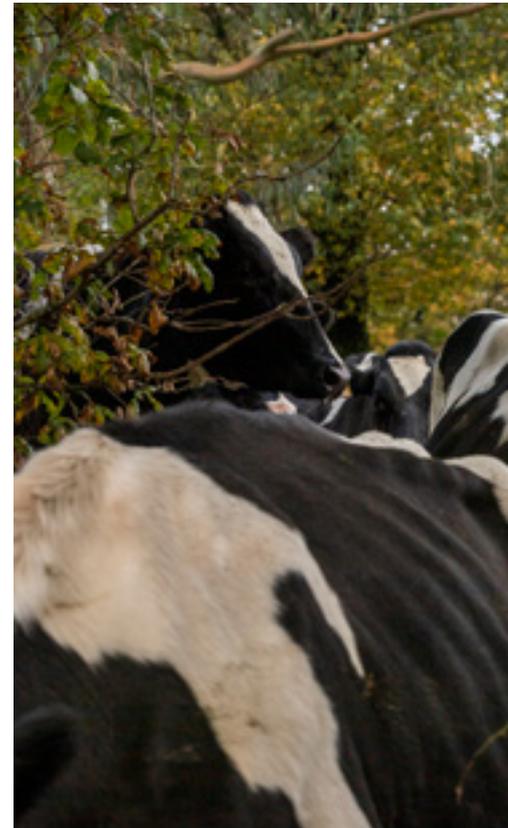
mente, el pastoreo reduce la prevalencia de afecciones de la salud de la ubre y de las patas y mejora la vida útil del ganad, reduciendo la mortalidad como demuestran diversos trabajos de la bibliografía.

Existe un interés creciente por parte de los consumidores europeos acerca de los efectos ambientales derivados de la dieta que consumen, así como del bienestar animal en los sistemas de producción. Por ejemplo, el último eurobarómetro que analizó la actitud de la población consumidora acerca del bienestar animal indicaba que un 94% de las personas entrevistadas reconocían la importancia de su protección y que casi el 60% se mostraba dispuesto a pagar un precio adicional por productos que velasen por los estándares de bienestar animal en las granjas. En este contexto, la producción en pastoreo es aceptada por parte de la sociedad, siendo asociada con formas de producción tradicionales, más naturales y con mayores estándares de bienestar en los animales.

LOS DATOS DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN PASTOREO

La producción de leche en sistemas de pastoreo suele mostrar una menor presión ambiental en comparación con los sistemas confinados, aunque los resultados pueden ser muy variables dependiendo de la metodología y de la unidad funcional a la que se refieren las emisiones (kg de leche o hectáreas de superficie agraria de la explotación). Distintos estudios realizados en granjas europeas (por ejemplo, O'Brien y Hennessy, 2017) indican que la producción de leche en pastoreo proporciona ventajas ambientales relevantes relacionadas con un menor consumo de energía, menor lixiviación de nitratos a las aguas (reducción del riesgo de eutrofización) y menores emisiones de amoníaco a la atmósfera (reducción de la acidificación de suelos y aguas). Coincidiendo con estas observaciones, los resultados del análisis realizado sobre una muestra de explotaciones lecheras gallegas aplicando el modelo Cap2'er® ofrecen globalmente las mismas conclusiones:

- Las cantidades de amoníaco volatilizado a la atmósfera y el consumo de energía fósil por hectárea son superiores en el sistema confinado, multiplicando por un factor de 3,4 y 1,8 a los valores obtenidos en los sistemas ecológico y de pastoreo convencional.



- La estimación de la cantidad de N lixiviado a las aguas refleja la ausencia de utilización de N mineral en el sistema ecológico y su menor uso en el pastoreo convencional respecto del sistema confinado, con valores respectivos por hectárea 4,7 y 2,0 veces superiores.
- En cuanto a la huella de carbono estimada para los distintos sistemas, referida a la unidad de producto leche, el valor bruto de emisión (en unidades de CO₂ equivalente) es superior en las granjas ecológicas (1,26 kg CO₂eq/L) comparado con las de pastoreo convencional y las que mantienen a las vacas estabuladas permanentemente (1,02 y 1,07 kg CO₂eq/L, respectivamente) reflejando la menor producción por vaca en los sistemas de pastoreo, particularmente en el sistema ecológico. Sin embargo, la compensación de la emisión por almacenamiento de carbono en los suelos es marcadamente superior, de media, tanto en las granjas ecológicas (-34%) como en las de pastoreo convencional (-21%) compara-

Capítulo 11_

El papel del pastoreo como herramienta de sostenibilidad de la producción de leche de vaca



EN LAS ÁREAS AGROCLIMÁTICAS APTAS PARA LA PRODUCCIÓN DE HIERBA, LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PASTOREO DEBEN JUGAR UN PAPEL RELEVANTE EN EL SUMINISTRO DE ALIMENTOS

| Características de las granjas | PECO | PCON | TMR |
|--|--------|--------|--------|
| Nº vacas leche/granja | 45,3 | 51,5 | 83,7 |
| Producción de leche (L/vaca) | 4.850 | 7.433 | 9.920 |
| Producción de leche (L/ha) | 4.839 | 8.889 | 16.510 |
| Superficie forrajera (SAU) | 45,4 | 43,1 | 50,3 |
| Carga (UGM/ha) | 1,3 | 1,5 | 2,3 |
| Concentrado (g/ L leche) | 216 | 279 | 362 |
| Efectos sobre el medio ambiente | | | |
| Emisiones brutas de CO ₂ (kg CO ₂ eq/ha SAU) | 7.572 | 10.691 | 21.154 |
| Volatilización de amoníaco (kg N-NH ₃ /ha SAU) | 39,8 | 73,1 | 130,6 |
| Lixiviación de nitrógeno (kg N/ha SAU) | 18,5 | 43,7 | 85,2 |
| Consumo de energía fósil (MJ/ha SAU) | 18.138 | 28.317 | 58.803 |
| Huella de carbono por unidad de producto leche | | | |
| Huella bruta (kg CO ₂ eq/L leche [†]) | 1,26 | 1,02 | 1,07 |
| Compensación por almacenamiento de carbono | -34% | -21% | -8% |
| Huella neta (kg CO ₂ eq/L leche [†]) | 0,83 | 0,8 | 0,98 |
| Externalidades y servicios ambientales | | | |
| Biodiversidad (ha equivalentes/ha SAU) | 1,06 | 1,19 | 0,9 |
| Almacenamiento de carbono (kg CO ₂ eq/ha SAU) | 2.255 | 2.282 | 1.438 |

Sostenibilidad ambiental en una muestra de granjas de leche de Galicia con sistemas de producción de pastoreo ecológico (n=10), pastoreo convencional (n=10) y confinado (n=30)

PECO: pastoreo ecológico; PCON: pastoreo convencional; TMR: sistema confinado;

† Leche corregida al 4,0% de materia grasa y 3,3% de proteína;

Fuente: Datos CIAM-LIGAL, resultados del proyecto FEADER 2017-022B financiado dentro del PDR de la Xunta de Galicia

das con las de sistema confinado (-8%), con lo cual la emisión neta de CO₂ en la explotación es globalmente menor en los sistemas de pastoreo comparados con el sistema confinado, con un mayor grado de intensificación productiva.

- Respecto a las externalidades ambientales analizadas, la estimación de la superficie biodiversa mantenida en relación a la superficie agraria de la explotación es superior en los sistemas de pastoreo, reflejando la mayor proporción de pastos permanentes y la menor área de tierra labrada en su superficie. Esto se corresponde, por otra parte, con una mayor intensidad media de almacenamiento de carbono por hectárea en las granjas de pastoreo, que multiplica por un factor de 1,5 al almacenamiento medio en la superficie agraria de las explotaciones que siguen el sistema confinado.

ACERCA DE LOS AUTORES

Gonzalo Flores Calvete

Doctor ingeniero agrónomo y jefe del departamento de Pastos y Cultivos del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Forma parte del grupo de investigación en Valor Nutricional de Forrajes y Producción de Leche del CIAM.

Adrián Botana Fernández

Doctor ingeniero agrónomo e investigador contratado por el programa Talento Senior en la Axencia Galega de Calidade Alimentaria (AGACAL). Forma parte del grupo de investigación en Valor Nutricional de Forrajes y Producción de Leche del CIAM.

Roberto Lorenzana Fernández

Doctor ingeniero agrónomo y director-gerente del Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche (LIGAL). Forma parte del grupo de investigación en materia de producción y calidad de la leche de vaca del entorno tecnológico LIGAL-CIAM

César Resch Zafra

Doctor ingeniero agrónomo e investigador especialista en producción de leche de vacuno del AGACAL en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Forma parte del grupo de investigación en Valor Nutricional de Forrajes y Producción de Leche del CIAM.

Juan Castro Insua

Investigador especialista en fertilización de suelos y sostenibilidad de la producción agrícola en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Ingeniero agrónomo y funcionario de carrera, colabora con el grupo de investigación en Valor Nutricional de Forrajes y Producción de Leche del CIAM.

CON CLU SIO NES

En las áreas agroclimáticas aptas para la producción de hierba, los sistemas de producción de leche en pastoreo deben jugar un papel relevante en el suministro de alimentos de alta calidad nutricional con un uso reducido de recursos fósiles, configurando modelos de producción que aportan externalidades positivas relativas al cuidado del medio ambiente, a la preservación de la biodiversidad y al bienestar animal.

Estos sistemas de producción deben ser económicamente sostenibles, pues no se puede mantener una ganadería verde en números rojos. El mercado y las administraciones deben participar en la remuneración justa de esta producción, a fin de lograr la llamada "sostenibilidad integral" en un contexto de producción ganadera eficiente y segura.

A pesar de los menores rendimientos obtenidos en los sistemas de pastoreo, en particular, en el sistema ecológico, el efecto de las emisiones de GEI es globalmente inferior comparado con los sistemas confinados, por lo que, que los sistemas de producción de leche en base a pasto se presentan como más favorables desde el punto de vista de protección ambiental y climática.

EL MANEJO DE LOS PASTOS Y LOS FORRAJES COMO ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE IMPACTOS

**ADELA MARTÍNEZ-
FERNÁNDEZ Y FERNANDO
VICENTE MAINAR**

*Servicio Regional de
Investigación y Desarrollo
Agroalimentario (SERIDA)*



SERIDA
Servicio Regional de Investigación
y Desarrollo Agroalimentario



La mayoría de las explotaciones de vacuno lechero situadas en regiones templado-húmedas basan sus sistemas de alimentación en el empleo de pastos y forrajes conservados como heno o ensilado. Entre estas regiones, se encuentra la Cornisa Cantábrica, cuyo sector productor de leche de vaca es de gran importancia, ya que el 60% de la producción nacional tiene ahí su origen. A pesar de su importancia socioeconómica, el sector del vacuno de leche contribuye de un modo significativo al total de emisiones de GEI (Knapp *et al.*, 2014) mediante la emisión de dióxido de carbono procedente de la combustión de energía fósil y la fabricación de alimentos, el metano derivado de la fermentación ruminal y el óxido nitroso asociado al manejo de estiércol y fertilizantes. Ahora bien, la producción de leche también puede contribuir al secuestro de carbono en el suelo mediante un correcto manejo de los pastos, la aplicación de estiércol como fertilizante y la presencia de los restos vegetales de las cosechas de forraje (Soussana *et al.*, 2010).

El suelo debe funcionar como un ecosistema que proporcione servicios ambientales, permitiendo el crecimiento de las plantas, almacenando agua y nutrientes y siendo un reservorio natural de organismos como bacterias, hongos, nematodos, etc. Desde el punto de vista agrícola y ambiental, la salud del suelo está directamente relacionada con propiedades físicas, químicas y biológicas favorables que promuevan el desarrollo de las plantas y coadyuven con la calidad ambiental. Ahora bien, la falta de nitrógeno en el suelo es un factor limitante clave para su productividad. Para paliar esta limitación, a mediados del siglo pasado, surgió la llamada “Revolución Verde”, que impulsaba la utilización de fertilizantes químicos y productos fitosanitarios como base del incremento de los rendimientos agrarios, bajo la premisa de que los efectos productivos se mantendrían con el tiempo. El uso excesivo y continuado de fertilizantes nitrogenados inorgánicos ha representado una grave amenaza para el medio ambiente y la salud humana (Ahmed *et al.*, 2017), ya que la tasa de aplicación de estos fertilizantes de síntesis tiene una estrecha relación con la acumulación de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas. Además, la aplicación de nitrógeno de manera continuada causa una disminución progresiva de la materia orgánica del suelo, que afecta a sus propiedades físicas, químicas, bioquímicas y microbiológicas (Caravaca *et al.*, 2002), debido a que las plantas no pueden asimilar la totalidad del nitrógeno, transfiriendo entre el 50 y el 70% del mismo al ecosistema, lo que provoca la contaminación, amenaza la biodiversidad, contribuye a las emisiones de GEI e, incluso, induce a la muerte biológica de cier-



Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

tas zonas (Good y Beatty, 2011). Por ello, a mediano-largo plazo, el uso continuado de altas concentraciones de fertilizantes y pesticidas ha tenido efectos negativos derivados del alto gasto energético requerido para su producción y de la contaminación y acidificación que genera en los suelos, comprometiéndose la sostenibilidad del sistema y convirtiéndose en una amenaza para el medio ambiente y la salud humana (Ahmed *et al.*, 2017).



Existe una **necesidad urgente** de cambiar el paradigma actual por uno más sostenible.

El objetivo es utilizar los recursos de manera eficiente para asegurar rendimientos adecuados y reducir los impactos ambientales negativos (Schlesinger, 2009).

La UE está fortaleciendo su apoyo a **estrategias productivas** respetuosas con el medio ambiente y capaces de enfrentarse a los desafíos asociados al cambio climático en la nueva PAC para el período posterior a 2022.

La ganadería es el territorio ideal para comprobar las interacciones entre humanos, animales y el medio ambiente.



Se necesita un **enfoque integral** para reducir la dependencia de plaguicidas y antimicrobianos, disminuir la fertilización química, fomentar la agricultura orgánica, revertir la pérdida de biodiversidad, mejorar la salud de los suelos agrícolas y mejorar el bienestar animal.

Estas **acciones** se basan en la bioeconomía circular, regeneradora de la biodiversidad en las explotaciones agroganaderas.

EL “PACTO VERDE EUROPEO” ASPIRA A:

Que Europa sea el primer continente climáticamente neutro en 2050. Concretamente, entre los objetivos del “Horizonte Europa” para 2030 dentro de la estrategia “de la granja a la mesa” están:

Reducir las pérdidas de nutrientes en, al menos, un 50%, sin que por ello se deteriore la fertilidad del suelo. Esto supone reducir el uso de fertilizantes, al menos, el 20% para 2030 y que el 75% de los suelos se puedan clasificar como “suelos saludables”.

Desarrollar un plan de acción sobre agricultura ecológica para estimular tanto la oferta como la demanda de productos orgánicos con el objetivo de que, al menos, el 25% de las tierras agrícolas de la UE se encuentren bajo cultivo ecológico en 2030.

Por ello, hay que buscar y ensayar estrategias innovadoras orientadas a la optimización del manejo de **los suelos, los cultivos y los animales** (*figura 1*), que permitan alcanzar la neutralidad futura de carbono de las explotaciones lecheras, permitiendo el desarrollo de nuevos productos que se podrán definir como “neutros” o “emisiones cero”, porque los conceptos de una sola salud (Onehealth) y un solo bien estar (Onewelfare) relacionan la salud humana y animal con la salud de los ecosistemas y el bienestar animal y humano con la salud global.

ESTRATEGIAS A NIVEL SUELO, PLANTA Y ANIMAL



| MEJORA DE LA PRODUCCIÓN | MEJORA DE LA BIODIVERSIDAD | MEJORA DE LA SALUD DEL SUELO |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Optimización de la ración• Mejora de la digestibilidad de los alimentos• Reducción de la síntesis de metano entérico• Mejora de la funcionalidad del producto• Aditivos y tratamiento de purines• Salud y bienestar animal | <ul style="list-style-type: none">• Potenciación de la rotación de cultivos• Cultivos secuestrantes de CO₂• Inclusión de leguminosas• Cultivos multiespecie | <ul style="list-style-type: none">• Reutilización de residuos agroganaderos (estiércoles, purines, digestato, biochares, etc.)• Potenciación de la Biofertilización• Reducción de fertilización química |

Figura 1

A NIVEL SUELO

Hay que centrarse en la reutilización de subproductos agro-ganaderos (estiércol, purín, digestato, etc.) que, con la potenciación de la biofertilización, el uso de abonos fortificados y la reducción de la fertilización química permitirá mejorar la salud de los suelos. La reutilización de los residuos orgánicos generados en la propia explotación ganadera como fertilizante, además de incrementar el contenido orgánico del suelo, realiza un importante aporte de nutriente, generando un aumento en el nivel de fertilidad como consecuencia del reciclado de estos, en especial nitrógeno y potasio (Demagnet *et al.*, 1999). Contribuye a incrementar la productividad de los cultivos, disminuir costes de producción y reducir la huella ecológica asociada a la producción y transporte de fertilizantes químicos desde fuera de la granja, contribuyendo a la economía circular de las explotaciones y su transitar hacia la sostenibilidad ambiental y eco-

LA UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGROGANADEROS, ESTIÉRCOL, PURÍN, DIGESTATO, ETC., PERMITIRÁ MEJORAR LA SALUD DE LOS SUELOS

nómica (Mangado *et al.*, 2009). Además, reduce la huella de carbono de la cadena de producción ganadera (Petersen *et al.*, 2007) al favorecer el secuestro de carbono en suelos agrícolas (Lal, 2001), lo que proporciona beneficios indirectos debido a que el incremento del contenido orgánico del suelo mejora su estabilidad estructural, la capacidad de retención de agua, la disponibilidad de nutrientes liberados progresivamente, la actividad microbiana, etc. (Mijangos *et al.*, 2009). Asimismo, regulan la composición de la solución del suelo e incrementan su capacidad para actuar como filtro ante la lixiviación, degradación y biodisponibilidad de contaminantes orgánicos y minerales como plaguicidas y metales pesados (Almendros, 2004).

Las emisiones de amoníaco y de GEI durante el almacenamiento y la aplicación de purines como fertilizante deben reducirse para proteger el medio ambiente y el clima. Por ello, se han desarrollado tecnologías como el enfriamiento, la acidificación y la aireación de los purines que muestran un elevado potencial para reducir las emisiones (Petersen *et al.*, 2012). Sin embargo, la implementación de estas técnicas requiere adaptar las instalaciones, lo que puede acarrear importantes costes financieros. El tratamiento de los purines con aditivos podría ser, por tanto, una alternativa para mitigar las emisiones y los problemas técnico-financieros, ya que el aditivo puede aplicarse fácilmente mezclándolo en los purines y reduciendo así los costes de tratamiento (Holtkamp *et al.*, 2023). En concreto, el “Biochar”, un tipo de carbón vegetal procesado mediante pirólisis a partir de diferentes materias primas de origen orgánico (restos de poda, cartón, estiércol, residuos agroalimentarios, etc.), tiene propiedades que reducen las emisiones de amoníaco y metano de las fosas de purín. También ha sido empleado como enmienda para el suelo por su capacidad de fijar nutrientes en el mismo (Baizán *et al.*, 2023). Además, es un sumidero a largo plazo de dióxido de carbono atmosférico en ecosistemas terrestres y utilizado como aditivo en el manejo y la gestión del purín de vacuno podría reducir la emisión de GEI (Schmidt *et al.*, 2021; Vicente *et al.*, 2022).

Otra alternativa

En la búsqueda de **opciones** menos dañinas para el medio ambiente, se han desarrollado de biofertilizantes. Son fertilizantes orgánicos enriquecidos con microorganismos que proporcionan nutrientes a las plantas, principalmente nitrógeno y fósforo. Ayudan al proceso de la nutrición biológica de las plantas, permitiendo así un buen aprovechamiento del nitrógeno atmosférico desarrollando el sistema radicular y ayudando a una mayor solubilidad y conductividad de nutrientes. Sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo y fortalecer la fertilidad de las plantas, al mismo tiempo que estimulan la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades. En estos productos se utilizan bacterias fijadoras de nitrógeno, que toman el nitrógeno atmosférico, lo transforman en orgánico y se lo entregan a la planta. En su funcionamiento, tienen un papel muy importante los **microorganismos descomponedores** (hongos, bacterias, levaduras, etc.) que son quienes **transforman los nutrientes** del suelo en alimento útil para las plantas y las protegen frente a enfermedades. Es decir, los biofertilizantes actúan devol-

viendo al suelo microorganismos que seguramente estaban ahí, pero en menor cantidad, que vuelven a reestructurar el suelo y mejorar el desarrollo de las plantas. Los biofertilizantes pueden tener diferentes matrices, pudiéndose elaborar a partir del estiércol y del purín generado en las explotaciones. Es aceptado ampliamente que la mejor solución es impulsar la explotación de estos microorganismos beneficiosos para las plantas por su papel en el aumento de la disponibilidad de minerales que de otro modo serían inaccesibles para las plantas (Vassilev *et al.*, 2015). Pero no olvidemos que cuando aumenta la presencia de microorganismos y otros seres vivos (por ejemplo, lombrices) en el suelo, la tasa de respiración aumenta y las emisiones de CO₂ también. Es decir, hay que buscar un balance óptimo entre efectos positivos y negativos.

A NIVEL PLANTA

Hay que mejorar la biodiversidad, introduciendo cultivos multiespecies, con protagonismo de las leguminosas y cultivos secuestrantes de CO₂, así como la potenciación de la rotación de cultivos para que el suelo no quede desnudo. Una alternativa de creciente interés en toda Europa es la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras invernales (Comisión Europea, 2018), ya que, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a la simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*, son especialmente atractivas para la producción sostenible de alimentos para el ganado. Las leguminosas son cultivos multifuncionales claves para la agricultura y el medioambiente. Su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico (hasta 463 kg N/ha/año) enriquece el contenido del suelo en dicho elemento fertilizante no sólo para ellas, sino también para las demás especies presentes, ayudando así a regular el ciclo del nitrógeno. Esto supone menores requerimientos en abonos de síntesis, lo que, a su vez, se traduce en un beneficio medioambiental. Gracias a su sistema radicular bien desarrollado, son capaces de llegar a zonas profundas del suelo y bombear nutrientes y agua hacia la superficie de forma eficaz, lo que las convierte en alternativas muy competitivas en situaciones de estrés hídrico cada vez más frecuentes como consecuencia de calentamiento global. Desde el punto de vista medioambiental, contribuyen a la protección de la biodiversidad, ya que atraen a insectos polinizadores en la época de su floración además de actuar como fijadores de GEI (Martínez-Fernández *et al.*, 2017; 2022). Las leguminosas forrajeras son especialmente atractivas para la producción sostenible de alimentos para el ganado, ya que, una mayor





inclusión de leguminosas en las raciones del vacuno lechero puede facilitar la optimización de la relación entre energía y nitrógeno fermentables y supone una reducción de la síntesis de metano en el rumen. Borreani *et al.* (2009) entre otros, afirman que cultivos anuales de leguminosas como el guisante, las habas o los altramuces utilizados como ensilado son una fuente barata de proteína y almidón para el ganado y pueden mejorar la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones lecheras al reducir la necesidad de concentrados.

Por otro lado, el cultivo asociado de familias botánicas tiene como resultado la obtención de producciones de mayor cantidad y calidad que los monocultivos de las mismas especies en una superficie equivalente (Jolliffe, 1997). Sus principales beneficios radican en una mayor productividad de la rotación de cultivos como consecuencia del incremento de fertilidad del suelo a largo plazo y en el aumento de la diversidad (Doltra y Olesen, 2013). Los cultivos multiespecie (intercalados) han mostrado un potencial significativo para aumentar la eficiencia de los recursos y la resiliencia frente a situaciones de estrés biótico y abiótico, lo que permite obtener ganancias de rendimiento sin aumentar los insumos o estabilizar los rendimientos con insumos reducidos. Los sistemas agrícolas diversificados, que hacen uso de cultivos multiespecie estratégicos, también pueden mejorar la salud del suelo y brindar múltiples servicios ecosistémicos. Los beneficios del cultivo multiespecie son el resultado de interacciones altamente dinámicas entre las plantas y su entorno y permiten optimizar el uso de recursos como los nutrientes, el agua o la radiación solar. A pesar de estos beneficios, el cultivo intercalado no se aplica ampliamente en la agricultura europea debido, entre otras causas, a la mayor complejidad de las operaciones, a la intensidad de la mano de obra a nivel de la granja, a la existencia de un mercado que demanda

**LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS
DIVERSIFICADOS QUE
HACEN USO DE CULTIVOS
MULTIESPECIE ESTRATÉGICOS
TAMBIÉN PUEDEN MEJORAR
LA SALUD DEL SUELO Y
BRINDAR MÚLTIPLES
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

productos y procesamientos más estandarizados, así como a modos simplificados de comercialización.

Los cultivos forrajeros mixtos de gramíneas y leguminosas como el haba con raigrás, haba con triticale, guisante con cebada, etc. además de abaratar los costes de producción, proporcionan una mayor cantidad y calidad de ensilado, incrementando significativamente el contenido proteico de la dieta (Anil *et al.*, 1998). En estas asociaciones, el nitrógeno aportado por las leguminosas puede ser transferido mejorando la capacidad fotosintética y la productividad de las gramíneas de la mezcla (Liu *et al.*, 2016). En las asociaciones con leguminosas, también es interesante tener en cuenta la utilización de abonos verdes. Éstos se caracterizan por poseer la función de recuperación y reequilibrio mineral en los cultivos, así como por promover una mayor eficiencia en el reciclaje de nutrientes mediante su movilización y solubilización. Su introducción puede ser efectiva para desinfectar los suelos, controlar insectos, hongos, nematodos y especies arvenses, mantener la fertilidad del suelo y prevenir la erosión.

A NIVEL ANIMAL

Una vía para influir en la salud ambiental es actuar sobre la alimentación animal, desarrollando estrategias que minimicen los impactos sobre el medio ambiente, pero asegurando la sostenibilidad de las producciones y la salud y el bienestar de los animales sin afectar a la salud de los suelos e incrementando la biodiversidad de los ecosistemas. La alimentación con recursos propios de la explotación permite reducir costes económicos y ambientales. El pastoreo proporciona recursos forrajeros a los animales. La gestión del pastoreo puede mejorar la cantidad y la calidad de la hierba, lo que aumenta la producción animal por hectárea (Savian *et al.*, 2018), las reservas de carbono del suelo y disminución de las emisiones de CH₄ (Guyader *et al.*, 2016). La reducción del aporte de proteína en la ración implica un menor aporte de nitrógeno al medio, que incrementará las emisiones de nitroso (Vicente *et al.*, 2021). El uso de aditivos que incrementen la digestibilidad de la fibra vegetal se traducirá en una mejora de la fermentación ruminal y, por tanto, en una reducción de la emisión de metano entérico (Vicente *et al.*, 2023).

ACERCA DE LOS AUTORES

Adela Martínez-Fernández

Doctora en Biología por la Universidad de Oviedo. Investigadora en el Área de Nutrición, Pastos y Forrajes del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) del Principado de Asturias desde 1992. Es responsable del Programa del Programa de Investigación en Pastos y Forrajes y Responsable de Calidad del Laboratorio de Nutrición vinculado a este programa de investigación.

Su interés investigador se centra en optimizar la producción, conservación y calidad de los recursos forrajeros de acuerdo a las necesidades nutricionales de los animales para mejorar la sostenibilidad y potenciar la economía circular.

Fernando Vicente Mainar

Doctor en Veterinaria por la Universidad de Zaragoza. Se incorporó como investigador en el Área de Nutrición, Pastos y Forrajes del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) del Principado de Asturias en 2002 mediante el programa de incorporación de doctores a los centros INIA-CCAA.

Desde 2006 es responsable del Programa de Investigación en Producción de leche. Su interés investigador se centra en la producción de leche desde un enfoque holístico, integrando las relaciones entre manejo, nutrición, pradera y animal en un contexto de sostenibilidad y economía circular.

CON CLU SIO NES

En definitiva, es necesario trabajar con un enfoque holístico encaminado a aumentar la circularidad, la diversificación y la autonomía de las granjas lecheras, e impulsar una transformación completa de los sistemas agrícolas, implementando prácticas agrarias y ganaderas que generen impactos positivos en la sostenibilidad. Se necesita llevar a cabo estrategias e indicadores específicos para monitorear y cuantificar sus efectos positivos en la mitigación y adaptación al cambio climático a nivel de finca y paisaje, junto con sus impactos en la estabilidad del rendimiento, la viabilidad de las explotaciones y la salud y bienestar animal.

La gestión del triángulo animal-planta-suelo es una estrategia altamente efectiva para avanzar hacia la descarbonización en la industria láctea. Al optimizar la alimentación y utilizar los recursos de manera eficiente, se reducen las emisiones de GEI y se aumenta la productividad. Los pastos y forrajes, cuando se gestionan adecuadamente con leguminosas y cultivos secuestrantes multiespecie, contribuyen a minimizar las emisiones. Además, fertilizar el suelo con materia orgánica, purines y estiércoles actúa como un importante reservorio de carbono y previene la lixiviación de nutrientes, lo que resulta en una reducción significativa de las huellas ambientales de los productos lácteos finales, especialmente en términos de emisiones de carbono.

**LA ALIMENTACIÓN
CON RECURSOS
PROPIOS DE LA
EXPLOTACIÓN
PERMITE
REDUCIR COSTES
ECONÓMICOS Y
AMBIENTALES**

POTENCIAL DE SUPLEMENTOS Y ADITIVOS PARA LA REDUCCIÓN DE METANO ENTÉRICO EN RUMIANTES

DAVID R. YÁÑEZ-RUIZ

*Estación Experimental del Zaidín (CSIC),
Profesor Albareda 1, 18008, Granada*

ALEJANDRO BELANCHE

*Departamento de Producción Animal y
Ciencia de los Alimentos, Universidad de
Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013,
Zaragoza*

 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Departamento de
Producción Animal
y Ciencia de los Alimentos
Universidad Zaragoza



INTRODUCCIÓN

A medida que el sector ganadero busca reducir sus emisiones de carbono para 2050 y poder cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, las entidades comerciales y el sector académico han acelerado los esfuerzos para identificar oportunidades de mitigación de emisiones de GEI y en particular la producción de metano (CH_4) entérico, que representa alrededor del 40 % de las emisiones totales de la producción lechera. El CH_4 se produce mayoritariamente en el rumen como consecuencia de la fermentación microbiana de carbohidratos de la dieta. Su reducción representa una apuesta interesante para mitigar los efectos del cambio climático a corto/medio plazo ya que tiene un poder de calentamiento 28 veces superior al del CO_2 pero una vida media en la atmósfera mucho más corta. Por ello, el beneficio de su reducción se haría efectivo en 10-15 años, frente a las del CO_2 , que si bien son necesarias, requieren más de 100 años para tener resultados. De todas las intervenciones nutricionales consideradas para la reducción de las emisiones de CH_4 entérico, el uso de suplementos o aditivos para piensos con actividad inhibidora de la metanogénesis ruminal es la que ofrece mayor potencial (Arndt *et al.*, 2022). Sin embargo, la consiguiente proliferación de productos que afirman reducir las emisiones requiere una evaluación exhaustiva de la evidencia de que estos aditivos son efectivos y qué elementos hay que tener en cuenta para su valoración y empleo adecuado.

El objetivo de este trabajo es identificar aquellos suplementos y aditivos que han mostrado potencial para reducir las emisiones de CH_4 entérico y describir la efectividad, aplicabilidad y necesidades futuras de investigación que ayuden al sector de vacuno de leche a implementar su uso de la manera más rápida posible. Para ello cada aditivo se analiza en cuatro apartados: i) evidencia de efectividad, ii) modo de acción, iii) dosificación y iv) disponibilidad en el mercado y acciones necesarias para su implementación.

Los compuestos que reducen la producción de CH_4 en el rumen pueden clasificarse en 3 grandes grupos, atendiendo a la fase de la metanogénesis en la que ejercen su acción (figura 1). Así podemos distinguir aquellos que 1) modifican el patrón de fermentación microbiana, generalmente produciendo menos hidrógeno (H_2), que es uno de los sustratos principales de la producción de CH_4 , 2) los que actúan como sumideros alternativos de H_2 , redireccionándolo a vías metabólicas diferentes al CH_4 y 3) los que inhiben directamente la actividad de las arqueas metanogénicas, que son los microorganismos responsables de la síntesis de CH_4 en el rumen.

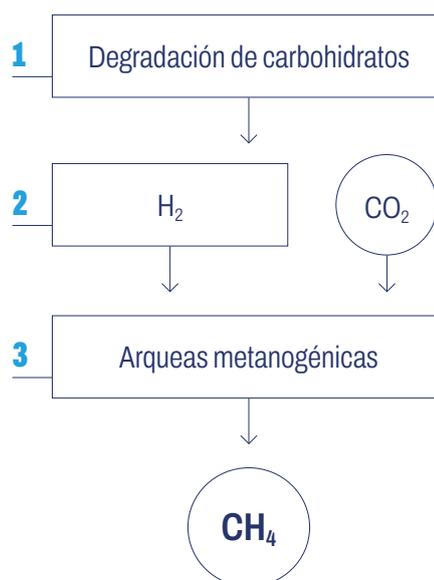


Figura 1. Representación de la producción de CH_4 en el rumen y las 3 etapas (1, 2 y 3) en las que pueden actuar los distintos aditivos.



A/ **COMPUESTOS QUE MODIFICAN EL PATRÓN DE FERMENTACIÓN RUMINAL**

En este grupo se incluyen aditivos de naturaleza muy variada. En la mayoría de los casos a base de extractos de plantas, entre los que se pueden destacar aceites esenciales, taninos y saponinas, que pueden usarse de manera separada o en combinación.

Aceites esenciales:

Los aceites esenciales (AE) son compuestos aromáticos volátiles producidos por plantas como mezclas complejas de metabolitos secundarios. No son ácidos grasos sino compuestos hidrofóbicos (repelentes al agua), generalmente presentes en mezclas con 20 a 60 componentes que incluyen alcoholes, aldehídos, hidrocarburos, cetonas, ésteres y éteres. No son biológicamente esenciales para los animales, sino que, desde tiempos de la alquimia, se entendía que contenían la esencia (componentes esenciales del sabor/aroma) de la planta de la que se extraen.

I/ EFECTIVIDAD

En los últimos años se ha desarrollado un estudio intenso de los AE individuales (p. ej., cinamaldehído de la canela o alicina del ajo), así como de diversas mezclas de ellos, por lo que es difícil generalizar sobre la eficacia de este grupo heterogéneo de aditivos. En una revisión reciente, Cobellis *et al.* (2016) concluyeron que “los resultados más consistentes en la producción de CH₄ se observaron usando AE de tomillo, orégano, canela y ajo o sus componentes principales (timol, carvacrol, cinamaldehído y alicina, respectivamente)”. Sin embargo, el porcentaje de reducción medio observado es del 5 %.

II/ MODO DE ACCIÓN

Existen múltiples mecanismos por los cuales los AE puede influir en las emisiones de CH₄ entérico, siendo el principal la modificación del patrón de fermentación ruminal que generalmente incluye la reducción de la producción de H₂ y un incremento de la producción de propionato. Estos dos efectos se pueden producir mediante diferentes acciones que incluyen (Benchaar *et al.*, 2008): reducción de la población de protozoos ruminales e incremento de bacterias productoras de propionato.

III/ DOSIFICACIÓN

La dosificación es variable dependiendo del producto en sí, y oscila entre 1 y 15g por animal y día (Belanche *et al.*, 2020; Ahmed *et al.*, 2019).

IV/ DISPONIBILIDAD

Existen numerosos productos comerciales en el mercado a base de AE disponibles para su uso en alimentación animal. Sin embargo, hasta ahora ninguno ha sido registrado como aditivo zootécnico con beneficio declarado al medio ambiente bajo el paraguas de la EFSA (European Food Safety Authority), por lo que no describe el efecto específico sobre la reducción de la producción de CH₄, el mecanismo de acción y la persistencia de los efectos sobre un período prolongado de administración. Así, los productos disponibles están registrados como aditivos sensoriales, otra categoría que alude a la capacidad de modular las capacidades sensoriales del alimento y que no requieren estudios tan específicos y detallados como los de la categoría de aditivos zootécnicos. Este 'área gris' en el registro de ciertos aditivos debe ser abordado de manera urgente por las autoridades competentes para que el sector ganadero pueda evaluar la conveniencia de uso en cada tipo de sistema de producción.

Taninos y saponinas:

Los taninos son compuestos secundarios de las plantas que son ricos en fenoles y tienen una fuerte tendencia a unirse a las proteínas, lo que a menudo hace que no estén disponibles para la digestión y la absorción. Las saponinas son una clase de metabolitos secundarios vegetales con una gran diversidad de estructura y actividad biológica. Su estructura química consiste en una base de azúcar (p. ej., glucosa, galactosa, ácido glucurónico) unida a una aglicona hidrofóbica o sapogenina.

I/ EFECTIVIDAD

Un metanálisis realizado por Orzuna-Orzuna *et al.* (2021), con hasta 26 estudios en vacuno que emplearon extractos de taninos, observó una reducción en la concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen (-5,9%), excreción urinaria de N (-3,0%) y digestibilidad de la materia seca (4,5%), sin afectar el rendimiento de los animales. La producción de CH₄ (por kg de MS ingerida) se redujo en un 5,9 %, y el efecto aumentó en los animales alimentados con taninos durante períodos más prolongados.



En el caso de las saponinas, Ridla *et al.* (2021) observaron analizando 17 estudios una reducción significativa del 8,6% en metano/kg DMI para dosis $\leq 0,5\%$ de saponina, aunque también destacaron la variabilidad entre los estudios. Si las reducciones de metano se relacionan únicamente con la pérdida de protozoos del rumen por la ingesta de saponina, las reducciones de metano pueden ser transitorias, ya que el aumento de la actividad de otros miembros de la comunidad de arqueas metanogénicas no asociados con los protozoos puede devolver las emisiones a los niveles previos al tratamiento.

II/ MODO DE ACCIÓN

Los taninos se unen fuertemente a las proteínas en el rumen y esta es la razón principal por la que reducen la proteólisis y aumentan el flujo de proteínas hacia el abomaso y el intestino. Es probable que los mecanismos exactos para mitigar el CH_4 entérico varíen con la fuente de taninos, pero pueden incluir la inhibición directa de las arqueas metanogénicas, la inhibición de los protozoos, la unión a polisacáridos y proteínas, y un aumento en la producción de propionato (Verma *et al.*, 2021). Las saponinas son los "detergentes naturales" con grupos degradantes de membrana que forman complejos con esteroides en las membranas celulares de los protozoos, provocando la lisis celular. Modifican la fermentación ruminal en gran medida al suprimir los protozoos ruminales y reducir la producción de H_2 en el rumen (Goel *et al.*, 2008).

III/ DOSIFICACIÓN

Los taninos incluye un grupo de moléculas muy heterogéneo y la dosis depende del producto en sí y su composición, pero en general se recomienda una dosis de <40 g/kg MS de dieta. Las dosis más altas pueden inhibir el consumo de alimento y la digestibilidad de la MS. Jayanegara *et al.*, (2012). Las saponinas se recomiendan que no sobrepasasen una dosificación máxima de 0,5 % de la MS de la dieta para no comprometer la digestibilidad de la misma (Ridla *et al.*, 20212).

IV/ DISPONIBILIDAD

Extractos de taninos tanto hidrolizables como condensados y de saponinas de yuca y quillaja ya son productos disponibles comercialmente que se han utilizado como aditivos para piensos. Sin embargo, su aplicación hasta la fecha no ha sido orientada a la disminución de la produc-

ción de CH_4 , por la falta de estudios confirmen su efectividad en un rango amplio de sistemas. Por esta razón aún no hay productos registrados bajo la categoría de aditivos zootécnicos con beneficio para el medio ambiente.

B/ SUMIDEROS ALTERNATIVOS DE HIDRÓGENO

Nitrato:

El nitrato (NO_3) se suministra en forma de sales (nitrato de calcio) altamente solubles, se reduce fácilmente en el rumen en condiciones anaerobias. Su reducción a amoníaco (NH_3) utiliza H_2 que, de otro modo, se utilizaría en la producción de CH_4 . También proporcionan una fuente de nitrógeno (en forma de NH_3) para la síntesis de proteína microbiana en el rumen. Sin embargo, existe cierto riesgo de toxicidad para el animal que depende de la dosis debido a la acumulación del nitrito (NO_2), que es un intermedio químico en el proceso de reducción de NO_3 y que puede ocasionar metahemoglobinemia. Para ello, también se ha desarrollado una formulación de liberación lenta en el rumen.



I/ EFECTIVIDAD

En base a la ecuación estequiométrica, un 1 % de NO_3 de la materia seca de la dieta reduciría la producción de CH_4 en un 12,5 % (por ejemplo, de 20,7 a 18,1 g CH_4 /kg de ingesta de materia seca) para las condiciones de producción en pastoreo (Charmley *et al.*, 2016). Este porcentaje sería mayor en las dietas suministradas en sistemas intensivos con más concentrados, donde el rendimiento de CH_4 ya es bajo. En un metanálisis reciente, Feng *et al.* (2020) observaron una reducción general de CH_4 del 11,4 % con un 1 % de inclusión de NO_3 o del 13,2 % si se emplea en formulación de liberación lenta. Cuando se ha empelado NO_3 de liberación lenta (para protegerlos de la toxicidad del NO_2), la aparición de NO_3 en las heces sugiere que el NO_3 no se liberó adecuadamente en el rumen (Lee *et al.*, 2017), por lo que su uso no está recomendado a día de hoy.

II/ MODO DE ACCIÓN

El mecanismo de acción se basa en la reducción microbiana de NO_3 a NH_3 que proporciona un sumidero de electrones (y de hidrógeno) termodinámicamente favorable en el rumen en comparación con la reducción de CO_2 a CH_4 . En consecuencia, se puede predecir estequímicamente que el NO_3 reduzca competitivamente la producción de CH_4 , de modo que por cada mol (62 g) de NO_3 consumido, la producción de CH_4 se reduciría en un mol (16 g).

Si bien esta relación estricta no siempre se observa, normalmente la mitigación ronda alrededor del 80 % de lo esperado por estequiometría.

III/ DOSIFICACIÓN

Debido a que el NO_2 acumulado puede ser tóxico para el animal una vez que pasa a sangre, (Villar *et al.*, 2021), la dosis suele limitarse al 2% de la MS de la dieta. La dosis puede ser mayor si la microbiota del rumen se adapta a concentraciones crecientes de NO_3 , pero para minimizar los riesgos para la salud animal como norma general se recomienda una inclusión del 1%.

IV/ DISPONIBILIDAD

El nitrato de calcio está disponible para su uso en el mercado comercializado como ingrediente alimenticio, (Silvair®, Cargill) no como aditivo, ya que proporciona N extra a la dieta que puede convertirse en proteína microbiana en el rumen. Su uso aún no se ha extendido de manera notable en el sector, fundamentalmente por el coste que tiene, aunque la posibilidad de reducir parte de las fuentes de N de la dieta (soja o urea) y la evidencia mostrada en cuanto al nivel de reducción de la producción de CH_4 en sistemas que incentiven la mitigación, indican que su uso puede ser mayor en el futuro.



C/

INHIBIDORES DE LAS ARQUEAS METANOGÉNICAS

En este grupo de aditivos destacan la molécula 3-nitrooxypropanol (3-NOP) y las algas rojas del género *Asparagopsis* (*A. taxiformis* y *A. armata*).

Nitrooxypropanol:

I/ EFECTIVIDAD

La literatura científica muestra una eficacia consistente de 3-NOP en la reducción de la producción diaria de CH₄ y que existe una fuerte asociación lineal positiva entre la dosis de 3-NOP y el nivel de mitigación lograda, disminuyendo linealmente el CH₄/kg MS ingerida a razón de 0,41 por 1 mg de 3-NOP/kg de alimento. Se ha demostrado que con la dosis recomendada comercialmente 60-80 mg 3-NOP/kg MS se obtiene una reducción del 29 % en vacuno lechero (Dijkstra *et al.*, 2018). La eficacia muestra cierta dependencia de la dieta, siendo mayor en las dietas bajas en forraje (Vyas *et al.*, 2016).

II/ MODO DE ACCIÓN

El 3-NOP tiene una estructura química similar a la metil-coenzima M, que es parte del sistema enzimático necesario para la reducción de CO₂ a CH₄ en las arqueas metanogénicas y al acoplarse en el sistema enzimático bloquea la producción de CH₄. Tras esta interacción se produce NO₃ y NO₂, en última instancia, 1,3-propanodiol que se degrada en el rumen (Duin *et al.*, 2016), por lo que no queda residuo en la leche.

III/ DOSIFICACIÓN

La dosis recomendada de utilización es de 60 mg/kg de MS ingerida.

IV/ DISPONIBILIDAD

3-NOP está disponible para su uso en la Unión Europea (Bovaer® DSM) tras la aprobación por EFSA y registro oficial como aditivo zootécnico para reducir la producción de CH₄ entérico en ganado lechero. Su uso está por ahora más orientado a sistemas de estabulación permanente





donde existe un mayor control de la dieta y por tanto de la capacidad de dosificar el producto de manera adecuada.

Algas del género *Asparagopsis*:

Las algas rojas del género *Asparagopsis* (*A. taxiformis* y *A. armata*) son algas rojas de la familia Bonnemaisoniaceae, tiene unos 30 cm de altura y se encuentra en praderas de Posidonia y suelos rocosos.

I/ EFECTIVIDAD

La eficacia de *Asparagopsis* para reducir la producción de CH_4 ha sido demostrada en condiciones laboratorio (Kinley *et al.*, 2016) y en ovino, vacuno de carne y de leche (Roque *et al.*, 2019; Stefenoni *et al.*, 2021). La eficacia de las reducciones de metano ha variado entre estos estudios, debido a las diferentes raciones y sobre todo por las concentraciones variables de bromoformo (compuesto halogenado activo de la planta) en la *Asparagopsis* utilizada. Se han realizado dos estudios en vacuno lechero observando diferente grado de efectividad: Roque *et al.*, (2019) encontraron una reducción de CH_4 de hasta un 43 % cuando se incluyó 1,84 % de MS de *Asparagopsis* en la dieta, mientras que Stefenoni *et al.* (2021) observaron reducciones de CH_4 de hasta un 80 % con una inclusión de 0,5 % de MS de la dieta.

II/ MODO DE ACCIÓN

En *Asparagopsis*, el compuesto halogenado bromoformo (CHBr_3) ha mostrado ser el principal compuesto que suprime las emisiones de metano (Machado *et al.*, 2016). El bromoformo y otros análogos halogenados del metano, como el bromoclorometano (BCM), inhiben la metanogénesis al unirse y secuestrar el grupo prostético requerido por la metil coenzima M reductasa (MCR), que en última instancia es responsable del último paso en la metanogénesis en las células de las arqueas metanogénicas (Wood *et al.*, 1968).

III/ DOSIFICACIÓN

En base a los trabajos realizados se ha planteado que las tasas de inclusión de *Asparagopsis* no deberían exceder el 1 % de MS debido a las reducciones en el consumo de materia seca a niveles de inclusión más altos. Así, la mayoría de los estudios publicados recomiendan niveles de 0,2–0,5 % de MS de *Asparagopsis* en la MS de la dieta. La cuestión principal no es tanto el nivel de inclusión del

alga, sino su contenido en bromoformo, que puede ser muy variable. El contenido de bromoformo en *Asparagopsis* que refleja la literatura comprende un rango entre 3,4 y 43 mg/g MS, y se pueden considerar valores adecuados alrededor de 10 mg/g en los actuales sistemas de cultivo (Glasson *et al.*, 2022).

IV/ DISPONIBILIDAD

Las algas del género *Asparagopsis* se obtienen tanto de la cosecha en el mar como de cría comercial en cultivo, con un número creciente de productores que se desarrollan tanto en el hemisferio norte como en el sur. Las condiciones de preparación y almacenamiento son importantes para minimizar la volatilización del bromoformo. Así, el producto liofilizado es actualmente el que ofrece más garantías, aunque se están investigando otras formas de procesamiento,

incluida una suspensión en aceite (Magnusson *et al.*, 2002). Aun así, la mayoría de los productores se encuentran actualmente en la fase de desarrollo y están acumulando existencias para la venta comercial. Es importante resaltar tres aspectos: a) el uso de *Asparagopsis* para la mitigación del CH₄ entérico está protegido por patente controlada exclusivamente por la empresa FutureFeed (<https://www.future-feed.com/>) y los proveedores comerciales deben tener una licencia de FutureFeed para su explotación comercial, b) aún se está investigando el proceso de degradación y metabolismo del bromoformo en el animal para descartar la existencia de residuos en los tejidos del animal que pueda representar un riesgo para la salud del consumidor (Glasson *et al.*, 2022) y c) por ahora su uso entra en la categoría de ingrediente de la dieta pero no como aditivo zootécnico, lo que quizás suponga una barrera para su implementación en la UE en un futuro inmediato.

ACERCA DE LOS AUTORES

David Yáñez-Ruiz

Doctor en Veterinaria por la Universidad de Córdoba (2003) e Investigador Científico del CSIC desde 2007. Previamente ha trabajado en la Universidad de Gales (Reino Unido, 2003-2007) y en la Universidad de Queensland (Australia, 2019-2020).

Su línea principal de trabajo es el desarrollo de estrategias nutricionales para reducir el impacto ambiental de la ganadería. Es coordinador del proyecto Horizonte Europa Re-Livestock y del proyecto de la Global Research Alliance para el desarrollo de aditivos con actividad antimicrobiana. Es coordinador científico de los Documentos Zootécnicos de Emisiones del MAPA para el sector ovino y caprino.

Alejandro Belanche

Doctor en Veterinaria por la Universidad de Zaragoza. Desarrolló su etapa post-doctoral durante 8 años en el Instituto de Ciencias Biológicas, Medioambientales y Rurales de la Universidad de Aberystwyth (Reino Unido). También trabajó como investigador durante 5 años en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC, Granada). En 2021 se incorporó como investigador Ramón y Cajal al Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Zaragoza. Su carrera investigadora se centra en optimizar la función ruminal para mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental en la producción de rumiantes.

La contribución de Alejandro Belanche para la Guía de descarbonización del sector lácteo es gracias al contrato Ramón y Cajal financiado por la AEI (RYC2019-027764-I).

CON CLU SIO NES

La investigación de suplementos y aditivos alimentarios en la última década ha permitido el desarrollo de diferentes productos con potencial de reducir la producción de CH_4 entérico con diversos mecanismos de acción y efectividad en la reducción. Los principales productos incluyen aceites esenciales de plantas, taninos, saponinas, nitrato, 3-NOP y algas rojas del género *Asparagopsis*. La reducción que los compuestos pueden alcanzar oscila entre el 5 y 60 %, siendo las más altas para los inhibidores específicos de las arqueas metanogénicas (3-NOP y algas rojas). A pesar del potencial demostrado, existen aún algunas barreras normativas para algunos productos en cuanto al registro específico como mitigadores del CH_4 , lo que impide una implementación y uso generalizado en el sector de vacuno de leche europeo.

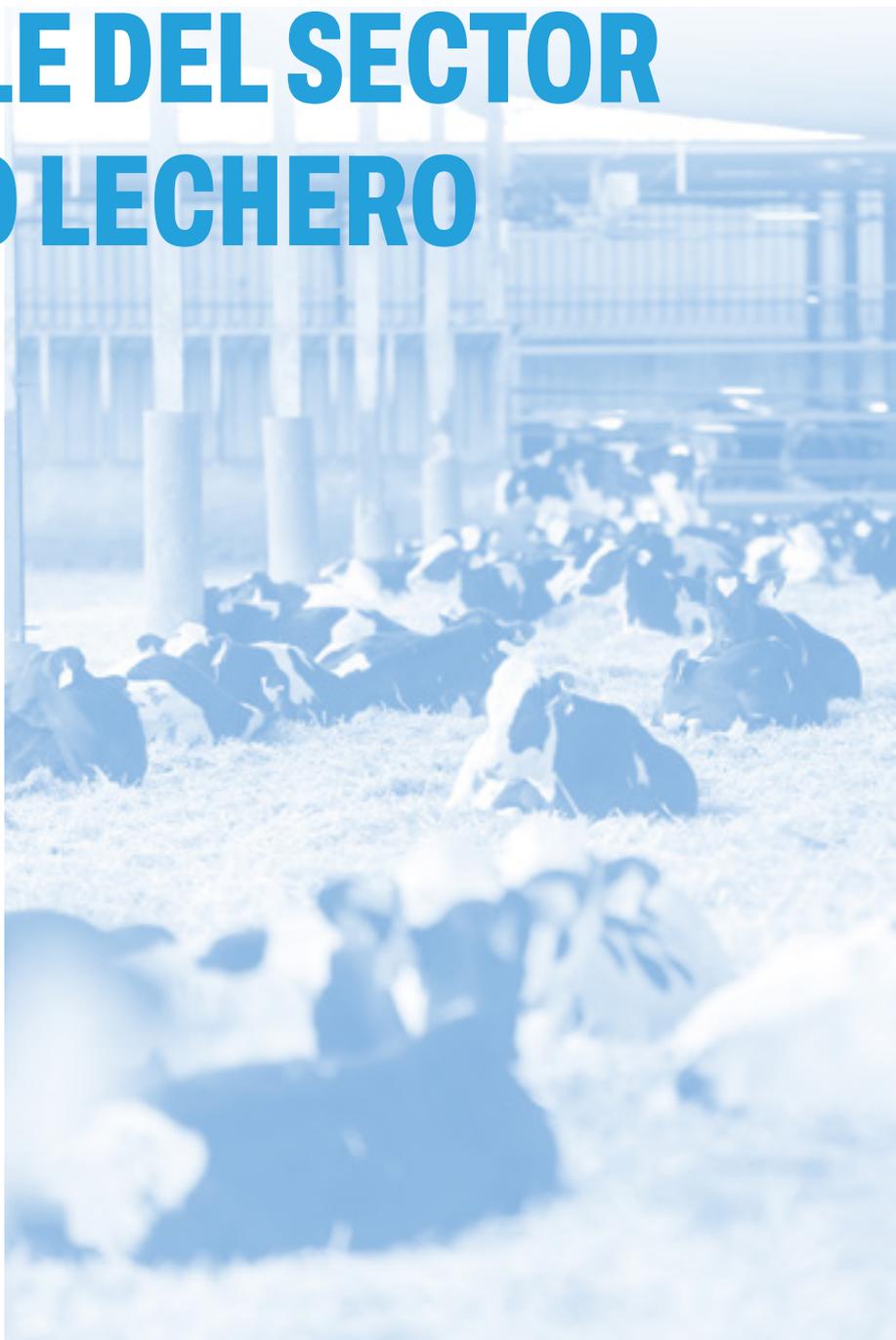
EL CH_4 SE PRODUCE MAYORITARIAMENTE EN EL RUMEN COMO CONSECUENCIA DE LA FERMENTACIÓN MICROBIANA DE CARBOHIDRATOS DE LA DIETA Y SU REDUCCIÓN REPRESENTA UNA APUESTA INTERESANTE PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

ESTRATEGIA DE DESCARBONIZACIÓN E INNOVACIÓN AMBIENTAL PARA LA TRANSICIÓN SOSTENIBLE DEL SECTOR DE VACUNO LECHERO

RALPH K. ROSENBAUM

*Instituto de Investigación y
Tecnología Agroalimentarias
– IRTA*

IRTA[®]





ESTRATEGIA DE DESCARBONIZACIÓN

Para saber dónde y cómo comenzar, hace falta saber exactamente a dónde se quiere llegar. Aunque la descarbonización del sector lácteo es el objetivo identificado, existen diversas percepciones sobre lo que eso significa, que deben alinearse primero. Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), el objetivo es alcanzar el **cero neto** para 2050 para mantenerse dentro del límite planetario de limitar el calentamiento global a 1,5 °C. Pero, ¿qué es exactamente el "cero neto"? Hay una confusión frecuente de cero neto con **neutro en carbono**, que a menudo se usan indistintamente pero están lejos de ser lo mismo. La neutralidad en carbono hace referencia a un equilibrio neutro entre las emisiones de CO₂ de una empresa y su compensación mediante pagos por emisiones de CO₂ evitadas certificadas o captura de CO₂ por parte de terceros ajenos a la empresa. Este enfoque, en principio, no requiere una verdadera reducción de las emisiones de una empresa y tiende a considerar principalmente las emisiones de CO₂ mientras ignora las emisiones de GEI que no son CO₂ (por ejemplo, metano (CH₄) u óxido nitroso (N₂O)), que en el caso del sector lácteo dominan la huella de carbono de la mayoría de los productos. Por el contrario, cero neto se refiere a un equilibrio neutral entre las emisiones y secuestros de GEI, logrado a través de reducciones verdaderas y sustanciales en las emisiones acompañadas de secuestros confiables y duraderos de carbono de la atmósfera (que pueden tener lugar fuera de la empresa). Con base en el IPCC y de acuerdo con la iniciativa SBTi (<https://sciencebasedtargets.org/>), la meta de 1,5 °C implica una reducción del 50 % de las emisiones de GEI de las empresas para 2030 y del 90 % antes de 2050. Esto significa que las estrategias de compensación son esencialmente un paso



intermedio que más temprano que tarde deben ser reemplazados por estrategias que logren verdaderas reducciones de emisiones.

Antes de contemplar las estrategias de descarbonización relevantes para el sector lácteo, hace falta otra aclaración importante. **Aunque estamos hablando de descarbonización, no podemos limitar la discusión solo al carbono (secuestro y reducción de emisiones).** Para tomar decisiones informadas y preparadas para el futuro y minimizar los riesgos relacionados con las inversiones consecuentes, es esencial evitar la llamada “visión de túnel del carbono”. Este término describe la falacia de centrarse en objetivos y estrategias para minimizar la huella de carbono (de una empresa o de su(s) producto(s)), mientras se ignoran otros factores de riesgo importantes de naturaleza ambiental como la pérdida de biodiversidad, el consumo de agua, la contaminación o problemas sociales como la salud pública, la pobreza, la desigualdad, o incluso, riesgos económicos como la criticidad o escasez de recursos. No tenerlos en cuenta creará nuevos riesgos e impactos ambientales, sociales y económicos, mientras el problema del carbono se resuelva. O, para decirlo en términos más positivos, la contribución de una empresa a los beneficios ambientales distintos de la mitigación de las emisiones de

GEI puede ser sustancial, pero no se observará cuando se centre únicamente en el carbono. Por lo tanto, en lugar de optimizar todo hacia el objetivo de cero neto únicamente, se debe encontrar un equilibrio saludable con la gestión de otros riesgos y responsabilidades u oportunidades. En consecuencia, el análisis y las soluciones resultantes deben considerar de manera integral todos los riesgos relevantes. En ese sentido, la descarbonización de un sector tiene que ser exactamente lo mismo que su transición sostenible porque no podemos descarbonizar a costa de otros problemas ambientales como la biodiversidad o los servicios de los ecosistemas, particularmente en los sectores agrícolas donde la productividad depende en gran medida de los servicios de los ecosistemas, como la retención de agua del suelo, secuestro de carbono en el suelo, circulación de nutrientes, productividad biótica, etc.

Esa es la razón por la cual los **datos y las métricas de la huella de carbono por sí solos no se pueden utilizar para informar y apoyar decisiones.** Existe una amplia gama de herramientas de evaluación ambiental que proporcionan todo tipo de indicadores ambientales. Una de las herramientas más aceptadas y utilizadas es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) que cuantifica los impactos generados a lo largo de una cadena de suministro dada por unidad de

Capítulo 14_

Estrategia de descarbonización e innovación ambiental para la transición sostenible del sector de vacuno lechero

producto o servicio, o por un año de actividad de una empresa. El ACV cuantifica una lista de indicadores ambientales en constante crecimiento, incluidos los indicadores más conocidos (mono criterio), como la huella de carbono para los impactos del cambio climático o la huella hídrica para los impactos del consumo de agua. En ese sentido, el ACV puede considerarse una evaluación más holística (aunque todavía no cubre todo) en comparación con las huellas que generalmente solo cubren un tipo de impacto. Desde una perspectiva de gestión de la sostenibilidad, las métricas de estas huellas no son relevantes como herramientas de apoyo a la toma de decisiones si no se las considera en su conjunto como en el ACV, ya que no informan sobre el riesgo de trasladar las cargas ambientales de un problema a otro, mientras esto es un requisito fundamental para el apoyo a las decisiones que fomenten la sostenibilidad. Sin embargo, las **huellas mono criterio, como la de carbono, son herramientas de comunicación** muy útiles, ya que permiten centrarse en un aspecto específico de cara a la sociedad, por ejemplo, el progreso anual de una empresa en la reducción de su huella de carbono hacia el objetivo de cero emisiones netas.

¿POR DÓNDE EMPEZAR?

En general, podría decirse que la sostenibilidad a menudo es contraria a la intuición, razón por la cual los análisis e indicadores basados en la ciencia son una opción inteligente para comenzar la descarbonización y la sostenibilidad, con la intención de maximizar la mejora por cada euro invertido en proyectos de descarbonización. Una pregunta fundamental desde la perspectiva de un productor o político es probablemente: ¿por dónde empiezo?, ¿qué hacer primero? Según el debate público, parece que la respuesta está en el material de embalaje y la cantidad o quizás en las distancias de transporte, pero ¿es realmente así?

El ACV también ofrece una respuesta a eso. Además de calcular el impacto total por unidad de producto o año de actividad de empresa, el ACV permite **identificar la contribución de cada proceso al impacto total** en cada categoría de impacto ambiental considerada. Es decir, permite identificar los potenciales de mejora más grandes con la simple regla de grandes impactos = grandes potenciales de mejora. La *figura 1* muestra un ejemplo de contribuciones típicas de los principales procesos de la producción de 1 litro de leche, aunque los porcentajes varían en la literatura en función del sistema de producción (por ejemplo, la importancia de la producción de alimentos es menor para los sistemas extensivos y mayor para los intensivos). Sin embargo, la tendencia general es siempre la misma, los procesos más importantes son la producción de piensos

(debido al uso de fertilizantes minerales, uso de suelo, y deforestación por cambio del uso de suelo si p.ej. la soja no proviene de regiones libres de deforestación) y la fermentación entérica y emisiones de deyecciones en granja. En línea con eso, Gerber *et al.* (2010) muestran que, en promedio, el 93% de las emisiones mundiales del

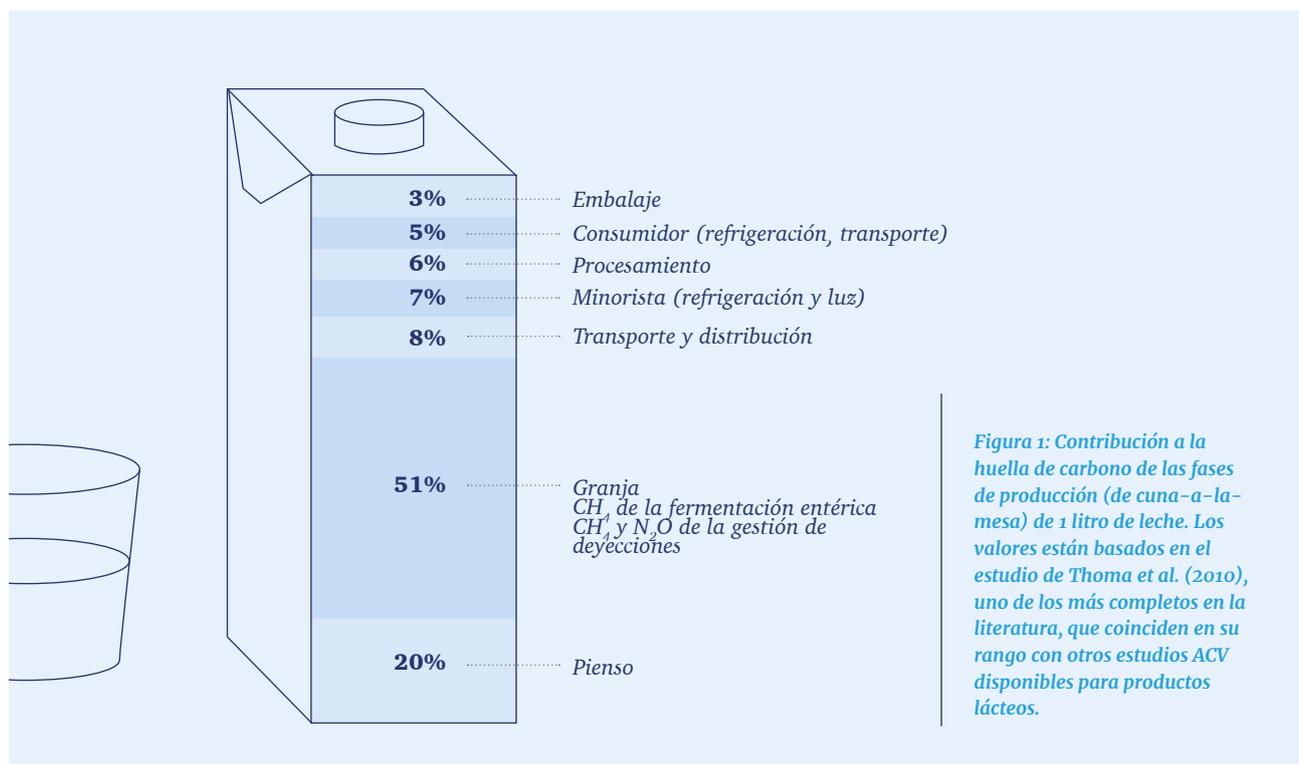
LOS ANÁLISIS E INDICADORES BASADOS EN LA CIENCIA SON UNA OPCIÓN INTELIGENTE PARA COMENZAR LA DESCARBONIZACIÓN Y LA SOSTENIBILIDAD



sector lácteo ocurren a nivel de granja, mientras que en las regiones con la huella de carbono más baja por litro de leche (América del Norte, Europa Occidental y Oceanía), 78-83 % de las emisiones de GEI provienen de la granja. En el resto del mundo, estas emisiones contribuyen con el 90-99% de las emisiones totales del sector lácteo. Estas variaciones provienen principalmente de las diferencias en los sistemas agrícolas. La contribución de las emisiones de GEI del cambio de uso de la tierra (principalmente deforestación) es la más alta del mundo en la leche de Europa occidental, donde representa el 7% (0,11 kg CO₂-equivalente) de las emisiones por litro de leche a la salida de la granja (Gerber *et al.*, 2010). En 2021 (como en los años anteriores), Europa fue el mayor importador de torta de soja de Brasil y Argentina (Simoes and Hidalgo, 2023), porque la torta de soja es un importante ingrediente alimentario en la leche europea.

Entonces, la priorización de acciones e inversiones debe basarse en un análisis previo adecuado, que ayuda a evitar enfocarse en mejoras, típicamente en el embalaje, que pueden ser fáciles de comunicar al consumidor o parecer intuitivas, pero que resultan marginales respecto al perfil

LA PRIORIZACIÓN DE ACCIONES E INVERSIONES DEBE BASARSE EN UN ANÁLISIS PREVIO ADECUADO



ambiental del producto. Por supuesto, eso no significa que el embalaje, el transporte u otros procesos posteriores a la granja no deban mejorarse, ciertamente deben hacerlo, pero no son el punto de partida más estratégico para mejorar ambientalmente el producto por euro invertido.

OPCIONES DE MEJORA AMBIENTAL

Las siguientes secciones brindan una descripción resumida de las posibles opciones para mejorar los procesos/prácticas ambientalmente más relevantes para la producción de leche según la literatura. Esto puede ser útil para identificar acciones y opciones concretas para los productores, pero es importante aclarar que una verdadera transición del sector lácteo hacia la sostenibilidad no se puede lograr únicamente mediante la implementación de una lista de tecnologías y prácticas más eficientes. Un sector ganadero verdaderamente sostenible solo puede lograrse mediante cambios profundos a nivel sistémico, implementados por una multitud de actores y partes interesadas, que deben desempeñar su papel para que se produzca la transición. En ese sentido, la lista a continuación puede verse como algunas de las opciones disponibles para los productores que les permiten desempeñar su papel en la transición de todo el sistema alimentario, en su definición más amplia, incluida la producción vegetal para ingredientes de piensos y como usuario de fertilizantes orgánicos provenientes de sistemas ganaderos. La siguiente sección proporcionará algunas ideas más sobre este punto, aunque su complejidad no puede ser capturada en profundidad dentro del alcance de este capítulo.

LAS MTDs PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GEI

El Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA) en colaboración con La Organización Interprofesional Láctea (INLAC) han elaborado un contundente informe sobre las MTDs para reducir las emisiones de GEI y amoníaco con potencial aplicación al sector lácteo en España (Prenafeta *et al.*, 2021). Este informe integra los documentos de referencia existentes de la Unión Europea, la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE), el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y la Asociación Interprofesional de la Carne de Vacuno (PROVACUNO) en colaboración con la

Red REMEDIA, complementado con la bibliografía científico-técnica (87 documentos en total). Las 46 MTD que recoge este informe se muestran en la *tabla resumen final de las herramientas* para la descarbonización del sector lácteo, que se incluyen en este documento.

Además, se han identificado siete técnicas innovadoras que han sido aplicadas en la producción lechera, pero que se han descrito en medios no dirigidos al ámbito de la difusión técnica en el sector ganadero, no existiendo suficientes evidencias sobre sus beneficios y niveles de reducción de las emisiones en la bibliografía científica. Tampoco han sido mencionadas explícitamente como MTD en los documentos de referencia consultados. Estas técnicas se agrupan en tres categorías principales: 1) medidas aplicables en los alojamientos de los animales (la cama compostante para el manejo de las deyecciones sólidas, y la bioacidificación para las deyecciones líquidas), 2) el procesado y aplicación de las deyecciones como fertilizantes orgánicos de calidad (técnicas innovadoras de tratamiento, siembra de cultivos captadores, y elaboración de fertilizantes RENURE), y 3) la producción de energías renovables además del biogás o de la biomasa para combustión (producción fotovoltaica y mini-eólica, conversión del biogás a biometano e inyección en la red de gas natural). La generación de energías renovables, mediante sistemas que permitan “vender” el excedente en red, sea de electricidad fotovoltaica y/o mini-eólica o de biometano en la de gas natural, puede contribuir a la consolidación de un sistema energético más sostenible y diversificado, pero requiere de la concurrencia de otras entidades (empresas y administración) que faciliten la implementación de este modelo a nivel financiero, tecnológico, y normativo.

Hay que subrayar que muchas de estas estrategias y técnicas basadas en MTDs no solo contribuyen a reducir la huella de carbono del sector lácteo, sino que también brindan beneficios adicionales, denominados co-beneficios, como el fomento de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad. Esto se puede conseguir por ejemplo a través de la gestión sostenible del suelo de cultivos y de pastos aplicando prácticas agroecológicas y regenerativas, evitando el uso de pesticidas a través de la protección integrada de plantas como solución basada en la naturaleza, reduciendo/optimizando el uso de antibióticos para evitar el aumento de la resistencia a los antimicrobianos o reduciendo la huella hídrica de los productos lácteos. Lo último es particularmente relevante en regiones semi áridas y áridas con escasez de agua, donde la composición optimizada del

alimento (por ejemplo, dietas bajas en proteína cruda) y la alimentación de precisión pueden conducir también a una menor ingestión de agua por los animales.

MÁS ALLÁ DE LA TECNOLOGÍA

Aparte de invertir en nuevas técnicas y cambiar prácticas en la gestión de granjas y la producción de piensos, destaca también la necesidad de identificar, cuantificar y monitorear **las pérdidas y el desperdicio de alimentos** para evitarlos activamente (primero medir dónde y cuánto para poder gestionarlo). Estas pérdidas y el desperdicio ocurren a lo largo de todas las cadenas de suministro de alimentos, incluso durante la fase de consumo, y aunque es un problema mayor en la producción vegetal en comparación con las cadenas de suministro procedentes de ganado, todavía hay pérdidas importantes en las cadenas de suministro de los productos lácteos, que contribuyen a una amplia gama de impactos ambientales, ya que cada kg de alimento que no se consume debe producirse adicionalmente. Por lo tanto, evitar, minimizar y valorar (en este orden de prioridad) estas pérdidas a lo largo de toda la cadena hasta incluso el minorista es una palanca mayor para conseguir la descarbonización del sector lácteo y bajar las huellas ambientales de sus productos. En este sentido la bioeconomía circular y sostenible ofrece grandes potenciales aun poco explorados.

Una **diversidad de prácticas de producción y de diferentes sistemas de producción coexistentes** garantiza una mayor resiliencia de todo el sector y se adapta mejor a las condiciones locales. Es decir, en una región, la producción agroecológica intensiva puede ser la solución más sostenible, mientras en otra, una producción extensiva de bajos insumos puede ser la mejor opción (y ambos no son directamente intercambiables). Además, y al contrario de sistemas intensivos, sistemas extensivos también son proveedores de otras funciones que la pro-

UNA DIVERSIDAD DE PRÁCTICAS Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COEXISTENTES GARANTIZA UNA MAYOR RESILIENCIA DE TODO EL SECTOR Y SE ADAPTA MEJOR A LAS CONDICIONES LOCALES



ducción de leche, como por ejemplo el mantenimiento de paisaje, aprovechamiento de suelos no aptos para la producción alimentaria o fomento de múltiples servicios ecosistémicos. Por lo tanto, la eficiencia productiva no se justifica como criterio único para evaluar la sostenibilidad de un sistema de producción y no existe una regla simple que defina qué sistema es

el más sostenible. Cada sistema productivo tiene sus propios márgenes de mejora y, a escala global, una diversidad equilibrada de sistemas se percibe como la opción más resiliente para garantizar tanto la sostenibilidad como la seguridad alimentaria. Esto también implica prácticas de producción “predefinidas”, como la producción orgánica. La producción orgánica, incluso en su propia diversidad,



EN FUNCIÓN DE LA GESTIÓN DE LAS DEYECCIONES, EL TAMAÑO DE UNA EXPLOTACIÓN DEBE ADAPTARSE A LOS LÍMITES AMBIENTALES LOCALES

no es la única forma de lograr la sostenibilidad, pero ciertamente ofrece opciones y experiencias de valor respecto a prácticas sostenibles. En lugar de pensar en cajas “predefinidas” de sistemas (extensivo/intensivo) o prácticas (orgánico/convencional) de producción, la agricultura y ganadería sostenibles del futuro consistirán en una combinación inteligente de diferentes prácticas adaptadas a las condiciones locales y fuera de dogmas y cajas genéricas.

El tamaño de la granja importa. Aunque actualmente no existe una definición clara y aceptada de “macrogranjas”, el tamaño de una granja sí importa y puede ser demasiado grande desde una perspectiva ambiental. Rockström *et al.* (2009) crearon el concepto de los límites planetarios y si bien estos se definen y cuantifican a escala global, para algunos impactos, aquellos que son principalmente consecuencias locales de la actividad de una granja, también pueden establecerse localmente.

Ejemplos de condiciones ambientales locales con una capacidad limitada para amortiguar los impactos de una granja son los flujos de nutrientes, el consumo de agua, la biodiversidad y cargas de polución en el suelo y el agua, como por ejemplo los antibióticos en las deyecciones. Esto significa que no puede haber una definición universal de granjas demasiado grandes (“macrogranjas”), porque esto depende de las condiciones ambientales locales, que pueden soportar granjas más grandes en una región y solo pequeñas en otra. Por lo tanto, en función de la gestión de las deyecciones, el tamaño de una explotación (o la densidad de varias explotaciones, aunque sean pequeñas o medianas) debe adaptarse a los límites ambientales locales, definidos en particular por las concentraciones y ciclos de nutrientes locales, la salud general del suelo, la disponibilidad y accesibilidad del agua, la biodiversidad, la presencia de bacterias resistentes a los antibióticos, etc.

NECESIDADES PARA FACILITAR LA TRANSICIÓN DEL SECTOR

Queda en evidencia que no existe una única solución brillante para lograr la sostenibilidad en el sector lácteo (o cualquier otro sector) e incluso la suma de todas las soluciones mencionadas no será suficiente si no hay un cambio sistémico que las acompañe. Es decir, muchos cambios que se producen en paralelo, algunos de ellos capacitando o catalizando a otros, impulsados por una amplia gama de diferentes actores. Quizás el cambio más propicio que se requiere, y probablemente el elefante en la sala para la mayoría de las discusiones sobre sostenibilidad, está en el **sistema económico**, donde los mercados actualmente no reconocen ni incentivan prácticas más sostenibles porque los impactos ambientales no tienen un costo asociado (sus costos reales son pagados por la sociedad a través de los impuestos o cubiertos por las compañías de seguros), mientras que las prácticas de producción sostenible son más costosas. A modo de ejemplo, un estudio alemán mostró que el sector agrícola del país genera 21.000 millones de euros de valor añadido bruto al año, pero genera unos costes externos estimados (conservadoramente) de 90.000 millones de euros/año por impactos ambientales, incluida la pérdida de biodiversidad y la degradación de los servicios ecosistémicos. Por lo tanto, el coste para la sociedad es más

de cuatro veces por encima del beneficio. Si se incluyeran estos costes externos en los precios de todos los diversos productos alimenticios, aumentaría el precio medio de p.ej. carne de vacuno por el factor seis (Kurth *et al.*, 2019). En un mercado ambientalmente sostenible, este aumento sería mucho más pronunciado para la carne de vacuno convencional y mucho menor para la carne de vacuno producida de forma sostenible, ya que esta última ya internaliza parte de los costes ambientales.

LOS MECANISMOS DE MERCADO DEBEN CONSIDERAR EL COSTE AMBIENTAL O, AL MENOS, INCENTIVAR LA SOSTENIBILIDAD

Los mecanismos de mercado deben considerar los costos ambientales y proporcionar incentivos para la sostenibilidad, al mismo tiempo que penalizan las prácticas no sostenibles. Esto garantizaría que los productos no sostenibles sean demasiado caros, mientras que los alimentos sostenibles se convierten en la elección básica y accesible. Desde una perspectiva económica, para lograr esto, es necesario establecer acuerdos globales que transformen los actuales meca-

nismos de mercado del neoliberalismo, donde los precios no reflejan los impactos y beneficios ambientales, hacia una economía verde en la que estos se incluyan en los precios. En este nuevo paradigma de la economía verde, la sostenibilidad se convierte en un criterio competitivo igualmente importante que el precio y la calidad. Las prácticas de producción agroecológicas, incluyendo las regenerativas, desempeñan un papel fundamental en este cambio y requieren una estrecha interconexión de los sistemas de producción de ganado y vegetales, promoviendo una verdadera circularidad de nutrientes, agua y otros recursos naturales.

ACERCA DE LOS AUTORES

Ralph K. Rosenbaum

Investigador y jefe del programa Sostenibilidad en Biosistemas del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias – IRTA. Dr Rosenbaum cuenta con una trayectoria profesional pasando por seis países en dos continentes y más de 20 años de experiencia en desarrollo metodológico, aplicación y docencia en evaluación cuantitativa de la sostenibilidad ambiental (Análisis de Ciclo de Vida y huellas ambientales) de productos, empresas y territorios. Actualmente enfoca en acompañar empresas agroalimentarias y políticas territoriales en el desarrollo de estrategias de transición sostenible.

CON CLU SIO NES

La descarbonización de nuestra economía es uno de los pilares esenciales de la sostenibilidad ambiental. La producción láctea se desarrolla en entornos rurales, en los que es posible y necesario aplicar diferentes estrategias para abordar los procesos de descarbonización y que acerquen el sector hacia la neutralidad climática. Dichas estrategias han de contribuir a la resiliencia de nuestros ecosistemas.

La descarbonización del sector lácteo se fundamenta en la aplicación de tecnologías e innovaciones a lo largo de toda la cadena de valor, abarcando el manejo del suelo, los cultivos, la agricultura regenerativa, la alimentación del ganado, la gestión circular de los residuos y la logística. Estas soluciones son clave para reducir las

emisiones de carbono y avanzar hacia la sostenibilidad. En este sentido, las MTDs juegan un papel crucial como herramientas adecuadas para impulsar y facilitar este proceso de transición hacia prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

No debemos confundir el concepto de neutro en carbono de algunas actividades, que se refiere a equilibrar las emisiones de CO₂ de una empresa mediante pagos por emisiones evitadas o captura de CO₂ de terceros. En cambio, el objetivo de cero neto implica un equilibrio neutral entre las emisiones y secuestros de GEI, logrado a través de reducciones reales y sustanciales en las emisiones, acompañadas de secuestros confiables y duraderos de carbono de la atmósfera.

LA IMPORTANCIA DEL RELEVO GENERACIONAL COMO UNO DE LOS GRANDES RETOS DEL SECTOR LECHERO VACUNO ESPAÑOL

CONCE MACÍAS SÁNCHEZ

*Cofundadora y Directora de
Proyectos*

almanatura
74 4407



**SIN UNA GESTIÓN
FAMILIAR SANA,
INTELIGENTE
Y SOSTENIBLE
QUE ASEGRE
EL RELEVO
GENERACIONAL NO
HABRÁ I+D+I, NI
HABRÁ FUTURO NI
PUEBLOS**

Mi hijo pequeño tiene mucho valor, como su madre. El valor que tiene querer dedicarse a esto, sabiendo todos los problemas que hay.

Noelia de la Ganadería Cardoso (Asturias)

INTRODUCCIÓN

España tiene la suerte de poder contar con una cantidad elevada de granjas familiares, granjas que han pasado de generación en generación y que en sus pilares lleva integrada la tradición, el servicio y la cultura de un sector que ha significado el orgullo para muchas de las familias que han podido vivir y crecer de la venta de leche a pequeños y grandes distribuidores.

Estas empresas familiares han sido y son esenciales para el equilibrio y el desarrollo de los municipios y las comarcas rurales donde se establecen, por los siguientes motivos:

- ✓ Acumulan historia, tradiciones y cultura de su profesión y territorio.
- ✓ Generan empleo, redes y sinergias movilizándolo el sector económico del medio rural.
- ✓ Demuestran una preocupación constante por la calidad del producto/servicio y cuidan las relaciones con los trabajadores, clientes y proveedores.
- ✓ Promueven emprendimiento, innovación y crecimiento.
- ✓ Son más sostenibles y ecológicas que las explotaciones industriales.
- ✓ Su misión es cuidar el legado para sus futuras generaciones, frente a otro tipo de empresas que se mueven por intereses puramente lucrativos.

Pero la realidad, es que los jóvenes han dejado de ver los recursos endógenos de los pueblos como es el sector lechero como una oportunidad, generando con ello el declive del sector y el detrimento de las zonas rurales y naturales nacionales y europeas.

PERO ¿POR QUÉ HAY FALTA DE RELEVO GENERACIONAL?

Desde AlmaNatura, empresa que vive y trabaja desde un pueblo de 950 habitantes de la provincia de Huelva llamado Arroyomolinos de León, se ha llevado a cabo un programa impulsado por Danone, llamado Relevo Generacional que nace para dar respuesta al cierre de muchas empresas familiares rurales, y más concretamente a la desaparición de empresas agroganaderas que tienen falta de relevo o un proceso de relevo inexistente o inestable. El **propósito** de este proyecto es **acompañar a las familias ganaderas para definir procesos de relevo generacional** planificados, ordenados y eficientes a través de diferentes medidas y herramientas, que contribuyan con éxito a la continuidad de la granja a través de las siguientes generaciones.

Durante el acompañamiento de 27 granjas lecheras distribuidas en toda España, se ha podido identificar algunas de las causas generales que provocan la falta de relevo entre generaciones como puede ser el cambio climático, la falta cada vez más atenuada de recursos en el medio rural, la digitalización, exigencias medioambientales y escasa rentabilización. Todo esto conlleva que se busquen otros nichos de mercado o el cierre de la granja.

Cabe destacar que el informe EIP-AGRI Focus Group “Nuevos participantes en la agricultura: lecciones para fomentar la innovación y el espíritu empresarial” (2016) identifica y corrobora los 8 temas claves para el refuerzo del relevo generacional y que incluye algunos de los citados anteriormente como:

8 temas claves para el refuerzo del relevo generacional:

- 1 / Acceso a la tierra, el capital y el mercado.
- 2 / Cuestiones de género.
- 3 / La incorporación de nuevas generaciones que no pertenecen al sector.
- 4 / La interacción rural-urbano.
- 5 / Los sistemas de asesoramiento y apoyo a los ganaderos.
- 6 / El papel de las autoridades locales en el impulso de estas empresas.
- 7 / El valor agregado al perfil de ganadero.
- 8 / El rediseño de terminologías como agricultor o ganadero.





Podemos conocer en mayor profundidad estas causas en dicha publicación u otras sobre el tema, pero existen otras causas menos conocidas que generan nuevos retos que afrontar y que gracias al programa Relevo Generacional, se han podido conocer con más exactitud. Estas causas son importantes porque surgen de las raíces del sistema familiar que generan sentimientos de desconfianza y rencores que perjudican íntimamente a la promoción y consolidación del relevo.

No se habla lo suficiente sobre estas causas que pueden transformarse en grandes frenos si no se atienden de la forma adecuada, poniendo el valor en las personas, en su historia, en sus más profundos deseos y en la gestión de las empresas familiares. Algunos de estos retos extraídos de la experiencia del proyecto Relevo Generacional son:

1/

Profundizar en la mejora de las relaciones y de la comunicación familiar

Un proceso de terapia familiar puede ser un buen recurso para muchas de las granjas participantes.

2/

Optimizar la planificación de tareas en la granja

El foco normalmente está puesto en aquellas tareas más prioritarias y la carga de trabajo suele ser desigual entre los miembros. Además, la desconfianza en los equipos de trabajo externos, provocan la sensación de una gran carga de trabajo sobre los hombros de las personas responsables.

3/

Impulsar la formación de los sucesores

La mayoría de los sucesores de las granjas, se han criado viviendo, entendiendo y trabajando en la granja, dándoles la posibilidad de conocer bien el trabajo diario que se hace en ellas. En cambio, la gestión de la granja y la profesionalización de su labor siempre ha quedado en un segundo plano. El campo de mejora en la formación de los sucesores de las granjas es muy amplio y es de vital importancia para su supervivencia.

4/

Entender mejor la gestión económica de la granja

Se da en numerosas ocasiones la excesiva delegación de los asuntos económicos de la granja a las gestorías o asesorías de más o menos confianza (y muy poco especializadas en explotaciones agroganaderas), dificultando el entendimiento por parte de las familias de aquellas cuestiones que requieren de inversión y de las que no, de las cuentas de resultados, ganancias y pérdidas, etc.

5/

Profesionalizar la gestión de los recursos humanos

Casi todas las granjas con trabajadores externos, manifiestan problemas con sus trabajadores. Esto genera una gran desconfianza hacia ellos y repercute diariamente en su trabajo. Además, indican que la selección es difícil y cuesta mucho encontrar a personas adecuadas para sus explotaciones. Es necesario que el proceso de selección esté más profesionalizado por los nuevos miembros de la granja, o que esté externalizado por alguna empresa especializada que pueda apoyarles ante estas gestiones.

6/

Poner conciencia en el relevo

El proceso de relevo en la granja suele darse de una forma poco planificada y dando por hecho determinadas situaciones que ponen en peligro el proceso y el futuro de la granja.

7/

Apoyar en asuntos legales, jurídicos y fiscales

Desde el programa se ha realizado un apoyo extra en el asesoramiento de estos asuntos dada la necesidad detectada en las primeras ediciones. Sin embargo, tanto los asesores como las granjas, indican que necesitarán más apoyo por parte de profesionales para llevar a cabo acciones tan importantes para un correcto relevo como la regulación de la propiedad, el testamento de los sucedidos, o el cambio de la forma jurídica, entre otras.

ACERCA DE LOS AUTORES

Conce Macías Sánchez

Cofundadora y Directora de Proyectos en AlmaNatura, empresa social cuyo propósito es la Reactivación Rural. Desde Arroyomolinos de León (Huelva), lidera junto con su equipo desde hace 18 años, proyectos de impacto social y ambiental a través de alianzas público-privadas, que atiendan necesidades de las personas que como ella, viven en un pueblo. Fiel defensora de que desde un pueblo se puede hacer cualquier cosa, ha diseñado e impulsado proyectos como Relevo Generacional con Danone, Gira Mujeres y Gira Jóvenes de Coca-Cola y Ho-lapueblo junto con REDEIA e IKEA.

CON CLU SIO NES

No podemos impulsar la reactivación rural sin tener en cuenta el relevo generacional en el sector primario, un gran reto a atender mediante la mejora de la calidad de vida de sus propietarios, la formación y también el I+D+i, como bien se anuncia en el libro "Por el futuro del sector lácteo en España" de la Federación de Industrias Lácteas (FeNIL).

Pero tal y como hemos podido comprobar en el programa Relevo Generacional, nos adentramos en un espacio poco conocido, como es la gestión de la empresa familiar, que no podemos obviar si queremos asegurar el futuro del sector. Involucrarnos con la familia y fortalecer sus lazos ayudará a hacer frente a todos esos retos que dejan ver los expertos del sector para los próximos años.

Para ello se necesitan programas y personas referentes en conciliación familiar que ayuden a empoderar a sus sucesores en el liderazgo de la granja y a los sucesores a conectar con la confianza para el diseño de un plan de acción definido donde integrar aprendizajes y valores de las generaciones pasadas y donde dibujar un futuro adaptado a las nuevas demandas personales, sociales y ambientales del sector.

Para hacer frente a la nueva perspectiva, hace falta consolidar la comunicación efectiva entre los miembros de la familia, un factor fundamental para una gestión correcta de la explotación sin la cual no se pondrán de acuerdo para poder integrar las demandas externas y necesarias para la rentabilización de la empresa familiar.

En la mayoría de las granjas, la producción de leche y el estado de los animales absorbe toda la atención de los responsables, abandonando su rol de empresarios. Es de elevada importancia tomar conciencia de otros aspectos más organizativos y de gestión de la granja, como las implicaciones para sus familias, la gestión de la propiedad, el funcionamiento de la granja como empresa, etc. y para ello es necesario la promoción de espacios de encuentro y reflexión donde escuchar a los ganaderos y a sus familias como parte fundamental para la consolidación del sector.

Impulsar una mayor resiliencia y encaminar los esfuerzos para asegurar la continuidad son piezas fundamentales para **afrentar el reto demográfico** del medio rural, puesto que contribuye a la **fijación de jóvenes** en el territorio, la **continuidad de negocios** e **incremento de oportunidades** para el resto de la comunidad y las personas interesadas en instalarse en estas áreas.

Sin una gestión familiar sana, inteligente y sostenible que asegure el relevo generacional no habrá I+D+i, ni habrá futuro ni pueblos.

LA GANADERÍA COMO PALANCA DE DINAMIZACIÓN DEL MEDIO RURAL

PABLO MADERUELO

*Director del Comité Ejecutivo
de Vivaces*

vivaces



El sector primario da trabajo a cerca de 750.000 personas (INE, 2023), la mayor parte de ellas en el medio rural. La agricultura y la ganadería suponen, en muchos de ellos, un soporte fundamental y la principal actividad dinamizadora de la economía y el empleo local.



Desde el punto de vista de las ciudades, el papel que representa el sector es esencial puesto que es en el medio rural donde se producen gran parte de los productos que alimentan al conjunto de la población.

Sin embargo, desde el ángulo rural, el cultivo de la tierra, pero especialmente el trabajo con los animales resulta fundamental para fijar población en el territorio, puesto que son actividades que requieren trabajo, atención y cuidado durante los 365 días del año, sin descanso.

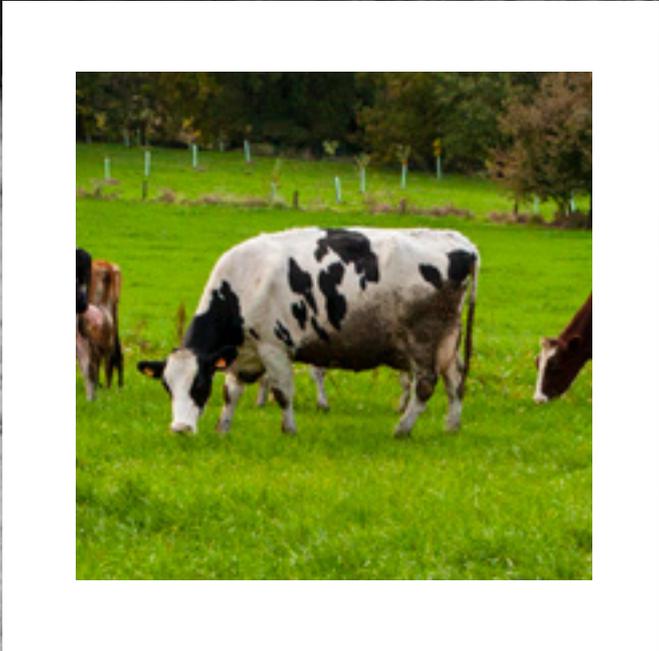
Es más; en algunas zonas, como las áreas de montaña u otras en las que apenas hay recursos o atractivos turísticos, la ganadería es hoy prácticamente la única actividad profesional vigente.

En muchos casos, se trata de explotaciones familiares, compartidas por padres e hijos. Es habitual ver a varias generaciones de miembros de una misma familia trabajando juntos, combinando la tradición y la experiencia con nuevos conocimientos derivados de las posibilidades que ofrece la tecnología. Y también es cada vez más frecuente ver por fin a las mujeres incorporarse a un sector fuertemente masculinizado.

No es posible, por tanto, entender el medio rural sin el relevante papel de la ganadería o de la agricultura. Sin perjuicio de otras actividades que se abren paso en los pueblos de forma progresiva, su papel resulta fundamental y prioritario para vertebrar el territorio y dinamizar la economía.

Hay pueblos en este país en los que, apostar por la ganadería, significa contribuir a darle un futuro a las familias que viven en ellos y, con ello, garantizar su supervivencia durante las próximas décadas; pues, en muchos, que una sola familia cierre definitivamente la puerta de su casa implica también el cierre de la escuela y la pérdida de los servicios de proximidad.

Por esta razón, el sector primario constituye una de las principales áreas de trabajo de Vivaces, una alianza de empresas que estamos trabajando de forma conjunta con el objetivo de generar conocimiento sobre la realidad actual del medio rural. Parte de este trabajo está dirigido a ponerle cifra, en colaboración con 16 prestigiosos académicos de toda España, a conocer cuál es el peso de la agricultura o la ganadería, entre otras cuestiones, en la vivacidad del territorio.



GANADERÍA, SOSTENIBILIDAD Y MEDIO RURAL

Son numerosos los retos a los que tiene que hacer frente la ganadería en su conexión con el medio rural de cara a los próximos años. De ellos, el más importante, sin duda, por la repercusión que tenga en las actuales y próximas generaciones, es el que tiene que ver con el cambio climático.

El aumento de temperatura o la mayor frecuencia de lluvias torrenciales repercuten, según el Consejo Económico y Social, en las condiciones vitales y la mortalidad del ganado, en la propia producción derivada del mismo o en la disponibilidad de pastos en el territorio.

Pero, en paralelo, ante el aumento de la población mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), prevé que la producción de carne se incremente más del doble en 2050 respecto a los niveles del arranque del siglo, con lo que esto implica en un sector (el agropecuario) que ya representa el 14% del inventario nacional de emisiones de GEI.

Ante estas circunstancias, urge reflexionar y plantear nuevas acciones enfocadas hacia una ganadería más sostenible, que además tenga una incidencia directa y positiva en la demografía rural española.

La ganadería extensiva es una gran aliada a la hora de avanzar hacia este objetivo. Por un lado, como afirma el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, porque supone “beneficios ambientales y paisajísticos” o previene “incendios forestales, corrimientos de tierras e inundaciones”.

Pero, por otro, porque este tipo de ganadería ayuda a crear empleo en el mundo rural y a construir tejido social en áreas que carecen de otras alternativas productivas, ya que sigue un modelo familiar que da trabajo a pequeños productores que son un pilar fundamental de muchos municipios rurales.

Igualmente, de cara al futuro, este tipo de ganadería contribuye a muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y de la nueva Política Agraria Común (PAC), y es fundamental para alcanzar los compromisos del Pacto Verde Europeo y el Acuerdo del Clima de París.

En el trabajo desarrollado por parte de Vivaces hemos tenido la oportunidad de conocer otras alternativas interesantes que pueden complementar la respuesta del sector ante este importante reto.

En los últimos años, ha surgido una nueva forma de producción ganadera centrada en la regeneración del suelo, el aumento de la biodiversidad y la creación de sistemas más resistentes y sostenibles.

La ganadería regenerativa, en lugar de centrarse únicamente en la producción, busca crear un sistema holístico centrado en la salud del suelo, la salud animal y la salud humana. Se trata de un nuevo modelo de producción que permite responder a todos los retos a los que se enfrentan las personas que trabajan la tierra con los animales, dejando que se recupere la vida del suelo.

Conocimos el proyecto desarrollado por un joven ganadero de la provincia de Burgos, Andrés, que se ha mudado a Zael, el pueblo de sus abuelos, gracias a que el modelo de ganadería regenerativa requería una inversión mucho más pequeña que crear, desde cero, una explotación de ganado vacuno.

LA GANADERÍA EXTENSIVA OFRECE SOSTENIBILIDAD Y FUTURO PARA LOS PUEBLOS

Andrés cambia de ubicación a sus vacas cada tres días y no vuelven al mismo terreno hasta un año después. De ese modo, el suelo se enriquece y se recupera, evitando el sobrepastoreo y contribuyendo de forma natural a la mejora de la fertilidad del suelo y a la preservación del ecosistema.

Por esta razón, Andrés afirma que “la herramienta más eficaz de la que dispone el ser humano en este momento para producir suelo fértil son los propios animales” y añade que “las vacas pueden tener la llave para salvar el planeta”.

Jóvenes como él tienen en sus manos el futuro del sector en el medio y largo plazo ante el creciente envejecimiento del sector primario, al que aguarda, a la vuelta de la esquina, un proceso de relevo generacional.

Por eso, a todas las medidas que se lleven a cabo para dar un impulso al sector, habrá que añadir otras dirigidas específicamente a atraer la atención de los jóvenes y a buscar su implicación en esta actividad. Si no garantizamos que tomen el relevo de sus familias o que otros jóvenes se instalen en el medio rural para trabajar en el sector ganadero, estaremos poniendo en jaque el futuro de muchos pueblos.

HAY QUE ATRAER LA ATENCIÓN DE LOS JÓVENES Y BUSCAR SU IMPLICACIÓN EN ESTA ACTIVIDAD

ACERCA DE LOS AUTORES

Pablo Maderuelo

Director del Comité Ejecutivo de Vivaces, alianza de empresas por el potencial del medio rural. Cuenta con más de 15 años de experiencia en medios de comunicación, 6 como asesor institucional y 5 como consultor de comunicación y relaciones institucionales. Es coautor de la serie Huellas en la Tierra (disponible en Prime Video), presenta el podcast La España Medio Llena y colabora con La Trilla, de Capital Radio, y A vivir que son dos días Castilla y León de la Cadena Ser.

GENERAR OPORTUNIDADES ES APOSTAR POR EL FUTURO

Todo lo anterior lleva a concluir que la apuesta por la ganadería supone una palanca de dinamización e impulso del medio rural. De generación de nuevos puestos de trabajo y oportunidades. De atracción de talento joven a los pueblos y con ellos de nuevas familias y futuro.

Sin embargo, también queda claro que es irrenunciable que esta apuesta se aborde desde la sostenibilidad.

Apostar por la descarbonización de la ganadería, por métodos regenerativos del suelo, por la ganadería extensiva o por el relevo generacional son una clara respuesta ante los retos de un sector que resulta fundamental para asegurar la persistencia del medio rural durante las próximas generaciones.

CON CLU SIO NES

La ganadería juega un papel esencial en el medio rural, proporcionando empleo y sustento a muchas familias. Para las zonas rurales, son fundamentales para establecer a la población en el territorio y garantizar su supervivencia.

La ganadería extensiva y la ganadería regenerativa son alternativas sostenibles para afrontar los retos del cambio climático y la creciente demanda de alimentos. El relevo generacional en el sector es esencial, y las medidas que se tomen para atraer a los jóvenes a trabajar en la ganadería serán determinantes para el futuro de los pueblos. En definitiva, apostar por una ganadería sostenible es clave para dinamizar y asegurar el futuro del medio rural en las próximas generaciones.

FINANZAS SOSTENIBLES, UN INSTRUMENTO PARA LA TRANSICIÓN DE LA PRODUCCIÓN GANADERA

ROBERTO GARCÍA TORRENTE

*Director de Desarrollo Sostenible.
Cajamar Caja Rural*



UNA POBLACIÓN QUE NO PARA DE CRECER Y QUE CADA VEZ CONSUME MÁS

A finales del año 2022 la población mundial superó la barrera de los 8.000 millones de habitantes. Según los datos del Banco Mundial, en menos de 50 años la población se ha duplicado, ya que los 4.000 millones se alcanzaron en 1974.

Durante este mismo periodo, el crecimiento económico y la producción de bienes y servicios no ha parado de aumentar, lo que ha permitido que el Producto Interior Bruto per cápita, expresado en dólares constantes y tomando como referencia el 2010, ha pasado de los 5.418 dólares de 1974 a los 11.287 dólares de 2022.

Y aunque este crecimiento ha sido desigual en términos de distribución geográfica y de clases sociales, en general en todos los segmentos el comportamiento ha sido positivo. Si cogemos los ejemplos de tres países con diferentes niveles de desarrollo como son Alemania, Argelia y China, durante el periodo señalado el PIB per cápita en términos constantes ha crecido en un 114 %, 40 % y 3.558 %, respectivamente.

Este crecimiento económico ha supuesto una mayor capacidad de consumo y una mayor demanda de todo tipo de bienes y servicios.

Analizando la evolución de algunos productos y servicios básicos, la producción de cereales ha pasado de 1.327 millones de toneladas a 3.071 millones de toneladas. El consumo de energía per cápita ha aumentado de 1.388 kg equivalentes de petróleo a 1.906 en 2014. En 1974 no existía la telefonía móvil y hoy hay más líneas contratadas que habitantes tiene el planeta. El número de pasajeros aéreos se ha multiplicado por 10, pasando de los 432 millones de 1974 a los más de 4.460 millones de la actualidad.

Todo ello ha sido posible, en gran medida, gracias a la explotación de los combustibles fósiles y a la tecnología

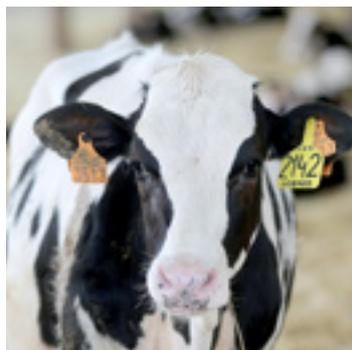
con ellos vinculada. Y dentro de los combustibles fósiles especial protagonismo ha tenido el petróleo. Sirva como ejemplo la evolución de uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, que han crecido desde los 38,6 millones de toneladas empleadas en 1974 a los 113 millones de toneladas de 2020. Muy probablemente sin la disponibilidad de este insumo agrícola hubiese sido imposible atender las necesidades alimentarias de una población en permanente crecimiento.

Sin embargo, desde hace varias décadas, y con especial intensidad desde los últimos años del Siglo XX, existe una creciente inquietud por el modelo de desarrollo imperante y han surgido numerosas iniciativas que pretenden modificar nuestras pautas de comportamiento, a la vez que se generan nuevas tecnologías que permiten la progresiva sustitución del modelo basado en el petróleo por otro basado en las energías renovables y la economía circular.

Estas iniciativas han venido empleando dos mensajes para hacer comprender a la mayor cantidad de población posible los retos a los que nos enfrentamos. Estos mensajes son el cambio climático y el día de sobrecapacidad de la Tierra, o día de la deuda ecológica.

Con el primer mensaje se quiere alertar del incremento que está experimentando la temperatura media del planeta, con las consecuencias que ello puede tener en cuanto a cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos. Y se considera como el principal causante de dicho cambio climático la emisión de GEI y la mayor concentración de los mismos en la atmósfera. Por orden decreciente de emisiones, los más importantes son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y los gases fluorados. A pesar de la creciente inquietud e interés por reducir las emisiones de este tipo de gases la

**DEBEMOS APLICAR
NUEVAS TECNOLOGÍAS
QUE PERMITAN
LA SUSTITUCIÓN
PROGRESIVA DEL
MODELO BASADO
EN EL PETRÓLEO
POR OTRO BASADO
EN LAS ENERGÍAS
RENOVABLES Y LA
ECONOMÍA CIRCULAR**





realidad muestra que no han parado de crecer, pasando de unas emisiones de 30,6 millones de toneladas equivalente de CO₂ en 1990 hasta los 48,1 millones de toneladas en 2019, antes de que la Covid19 tuviese un impacto directo sobre las mismas.

El segundo mensaje que permite alertar sobre los riesgos medioambientales a los que nos enfrentamos se conoce como el día de sobrecapacidad de la Tierra, y viene a señalar la fecha en la que consumimos más recursos de los que es capaz de generar el planeta en un año. Este indicador se empezó a elaborar en los años 70 del pasado siglo y en aquel momento solo consumíamos el capital natural disponible cada año. Sin embargo, en la actualidad usamos 1,7 veces la capacidad de generación de la Tierra. Actualmente el día en que empezamos a consumir de más se alcanza a principios de agosto. Las diferencias según países son considerables y tenemos los casos de Catar o Luxemburgo, que son los primeros en alcanzar el día de deuda ecológica a principios del mes de febrero. En un segundo grupo se encuentran los Estados Unidos de América y Canadá, que superan su huella ecológica a principios de marzo. En España esta situación se produce a mediados de mayo. Y los países con mayor biocapacidad son Indonesia, Ecuador y Jamaica, que prácticamente consumen lo que generan.

El resultado de este trabajo de concienciación sobre los riesgos medioambientales a los que nos enfrentamos han tenido una respuesta a través de los diferentes organismos internacionales, que progresivamente se van trasladando a los países y a las organizaciones privadas.

Vamos a realizar una breve descripción de las principales medidas que se han venido implementando a lo largo de los últimos años.

LAS RESPUESTAS INSTITUCIONALES A LOS RETOS MEDIOAMBIENTALES

La inquietud y preocupación de la sociedad por el impacto que tiene la actividad humana sobre el planeta se ha trasladado hacia los diferentes organismos multilaterales, que han venido aprobando y publicando una serie de iniciativas que promueven la mejora del impacto que la actividad humana tiene sobre la sostenibilidad ambiental y social.

SE HAN APROBADO Y PUBLICADO UNA SERIE DE INICIATIVAS QUE PROMUEVEN LA MEJORA DEL IMPACTO QUE LA ACTIVIDAD HUMANA TIENE SOBRE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL

A través de dichas iniciativas se establecen una serie de objetivos a alcanzar de manera global. Estos han incitado a la progresiva traslación al cuerpo legislativo de los países y a la adhesión de las empresas.

Dentro de todas estas iniciativas, podemos considerar que la pionera fue el Pacto Mundial de Naciones Unidas, diseñada por la ONU y presentada en la reunión anual del Foro de Davos en el año 1999.

El Pacto Mundial supone un llamamiento a las empresas y organizaciones para que alineen sus estrategias y operaciones con **Diez Principios universales** sobre derechos humanos, normas laborales, medioambiente y lucha contra la corrupción.

A esta iniciativa se pueden unir las empresas, sindicatos y organizaciones de la sociedad civil, comprometiéndose a implementarlos a nivel interno y, por tanto, a respetar los derechos humanos y las normas laborales, a preservar el medioambiente y a actuar con transparencia en sus actividades y operaciones. Las entidades que se adhieren al Pacto Mundial deben presentar sus avances en relación con la implementación en sus actividades de los 10 Principios cada año, a través de un Informe de Progreso o Memoria de Sostenibilidad. En estos informes se pone de manifiesto las acciones y políticas que las empresas llevan a cabo para cumplir con estos principios.

Actualmente hay más de 22.300 entidades que participan en esta iniciativa procedentes de más de 160 países, lo que muestra claramente el respaldo que tiene. En el caso de España se ha creado una de las 69 redes locales, que cuenta con 1.550 empresas participantes. El que exista una red local facilita la generación de una serie de recursos de buenas prácticas, herramientas y networking que se pone a disposición de todas las organizaciones miembro para que puedan profundizar en su progreso hacia la sostenibilidad.

Posteriormente a la publicación del Pacto Mundial, la propia Organización de las Naciones Unidas aprobó la Declaración de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que consistían en ocho propósitos de desarrollo humano fijados en el año 2000 a cumplir en el año 2015.

Precisamente con la finalización del plazo establecido para esos primeros objetivos de desarrollo, en 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la resolución conocida como Agenda 2030, en la que se establecieron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible con los que se pretende construir un futuro mejor y más sostenible para todos.

El Acuerdo establece objetivos a largo plazo como guía para todas las naciones:

- > Reducir sustancialmente las emisiones de GEI para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2°C y esforzarse para limitar este aumento a incluso tan solo 1,5°C.
- > Revisar los compromisos de los países cada cinco años.
- > Ofrecer financiación a los países en desarrollo para que puedan mitigar el cambio climático, fortalecer la resiliencia y mejorar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático.

Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

En esa resolución se reconocía que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y afirmaban que sin lograrla no podría haber desarrollo sostenible.

Los 17 objetivos se desarrollan a través de 169 metas que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Prácticamente, de manera paralela a la elaboración de la Agenda 2030, en diciembre de 2015 tuvo lugar la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), durante la que 195 países firmaron el primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima, Acuerdo de París, con el que se aborda el cambio climático y sus impactos negativos.

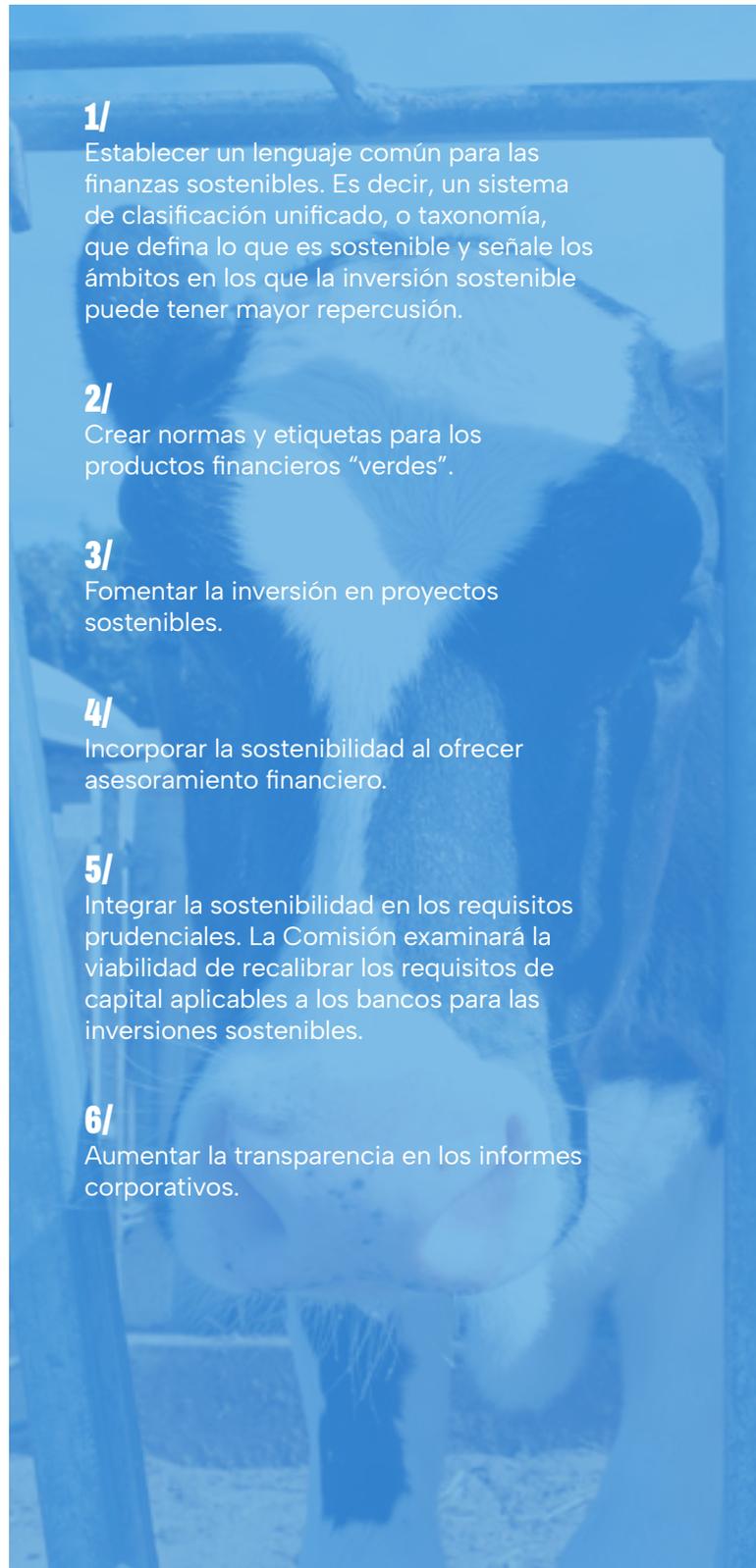
En la actualidad 193 países más la Unión Europea han firmado el Acuerdo de París.

A raíz de este Acuerdo, los diferentes países firmantes han ido trasladando los compromisos adquiridos a sus respectivos marcos normativos, lo que se ha traducido en un fuerte incremento de las intervenciones políticas, dedicando especial atención a las que desarrollan y dirigen la financiación sostenible. Según la base de datos que mantiene PRI (Principios para la Inversión Responsable) el número de políticas regulatorias en materia Ambiental, Social y de Gobernanza (ASG) ha pasado de menos de 50 en el año 2020 a 868 que se habían identificado en el año 2022.

Dado el papel clave que se le asigna al sector financiero para alcanzar los objetivos de una economía neutra en carbono, a través de la financiación sostenible, en el año 2017 el Consejo de Estabilidad Financiera (FSB) creó el Grupo de Trabajo sobre Divulgación de Finanzas Sostenibles (TCFD). El objetivo de este grupo era crear un conjunto de recomendaciones sobre las divulgaciones financieras asociadas al cambio climático que fueran consistentes y que permitieran comparar el esfuerzo realizado por cada organización.

Y para ello se establecieron diez acciones a desarrollar, entre las que cabe resaltar:

- 1/** Establecer un lenguaje común para las finanzas sostenibles. Es decir, un sistema de clasificación unificado, o taxonomía, que defina lo que es sostenible y señale los ámbitos en los que la inversión sostenible puede tener mayor repercusión.
- 2/** Crear normas y etiquetas para los productos financieros “verdes”.
- 3/** Fomentar la inversión en proyectos sostenibles.
- 4/** Incorporar la sostenibilidad al ofrecer asesoramiento financiero.
- 5/** Integrar la sostenibilidad en los requisitos prudenciales. La Comisión examinará la viabilidad de recalibrar los requisitos de capital aplicables a los bancos para las inversiones sostenibles.
- 6/** Aumentar la transparencia en los informes corporativos.



EL COMPROMISO Y LIDERAZGO DE LA UNIÓN EUROPEA EN FINANZAS SOSTENIBLES

A raíz de las conclusiones y recomendaciones propuestas por el grupo de expertos de alto nivel sobre finanzas sostenibles, nombrado por la Comisión Europea, en 2018 la UE publicó el Plan de Acción que se planteó como objetivos:

- Reorientar los flujos de capital hacia inversiones sostenibles a fin de alcanzar un crecimiento sostenible e inclusivo.
- Gestionar los riesgos financieros derivados del cambio climático, el agotamiento de los recursos, la degradación del medioambiente y los problemas sociales.
- Fomentar la transparencia y el largoplacismo en las actividades financieras y económicas.

Para el desarrollo de este Plan de Acción el primer pilar fundamental para un marco de financiación sostenible va a recaer sobre el Reglamento de Taxonomía, que proporciona un sistema de clasificación sólido y científico de lo que se entiende por sostenibilidad.

Por Taxonomía Verde la UE entiende un sistema de clasificación que establece una lista de actividades económicas sostenibles desde el punto de vista medioambiental, incluida la adaptación al cambio climático.

La Taxonomía se estructura en base a seis objetivos ambientales que son: 1. Mitigación del cambio climático, 2. Adaptación al cambio climático, 3. Prevención y control de la contaminación, 4. Transición a una economía circular 5. Sostenibilidad y protección de los recursos hídricos y marinos y 6. Protección y restauración de la biodiversidad y los ecosistemas.

Para que una determinada actividad económica se considere sostenible medioambientalmente deberá cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento:

- Contribuir sustancialmente a uno o varios de los objetivos medioambientales.
- No causar ningún perjuicio significativo al resto de los objetivos.
- Se lleve a cabo cumpliendo con las garantías sociales mínimas.

Para facilitar la aplicación de la Taxonomía se diseñó el segundo pilar, consistente en la elaboración de una normativa que facilitase la publicación de información homogénea sobre sostenibilidad.

A principios de 2023 entró en vigor la nueva Directiva de Reporte de Sostenibilidad Corporativa (CSRD) que ha supuesto un paso más en la creación de las bases fundamentales del Pacto Verde Europeo.

Con esta nueva directiva se profundiza en el contenido que debe tener la información sobre sostenibilidad de las empresas y viene prácticamente a equiparar su relevancia con el de la información financiera. Y se pretende que la información reportada sea comparable entre las diferentes empresas, para lo que se ha publicado un primer conjunto de estándares comunes de reporte elaborado por el Grupo Consultivo Europeo en materia de Información Financiera (EFRAG).

La Directiva entrará en vigor en el año 2025, con la información correspondiente al año 2024, y afectará a las empresas que cuenten con más de 500 empleados, con un balance superior a los 20 millones de euros o con unos ingresos netos de más de 40 millones de euros. A partir de 2026 se ampliará el rango a aquellas empresas de más de 250 empleados.

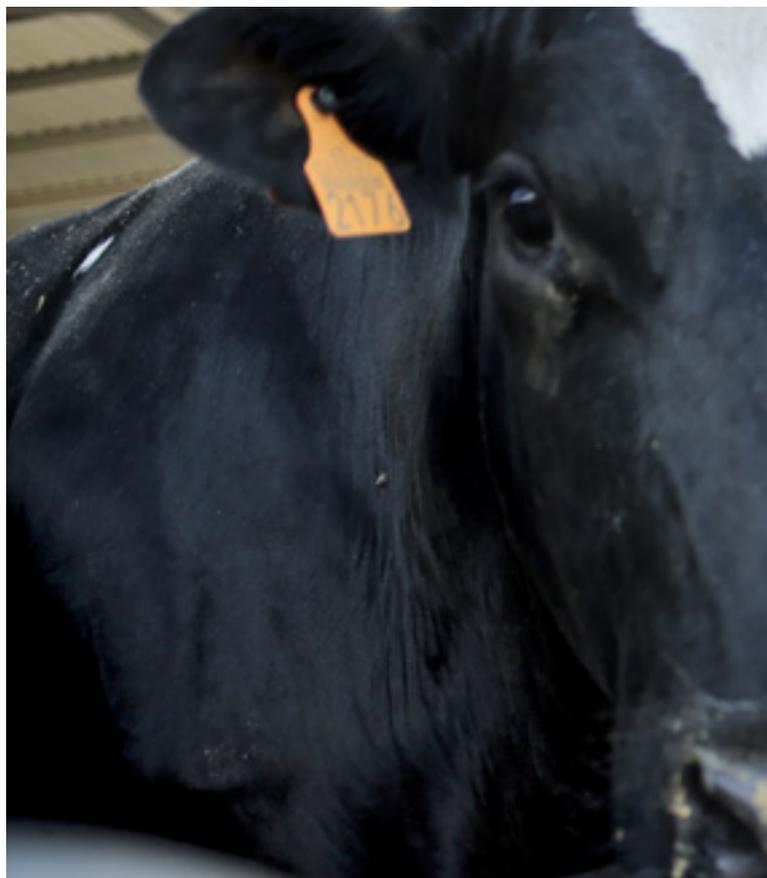
La mejora de la información que impulsa esta Directiva pretende facilitar la transición hacia una economía más sostenible, al permitir a los inversores y a las entidades financieras, canalizar los fondos hacia las actividades y los proyectos con mayor impacto. Es de destacar también que esta Directiva introduce el concepto de la debida diligencia en materia de sostenibilidad empresarial, que va a suponer una fiscalización de la conducta empresarial de respecto a los derechos humanos, el medioambiente y la buena gobernanza a lo largo de toda su cadena de valor.

LA FINANCIACIÓN PARA LA TRANSICIÓN CLIMÁTICA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO Y GANADERO

Todos los sectores económicos y las empresas se verán afectados en mayor o menor medida por las diferentes normativas relativas a la financiación sostenible.

En el caso del sector agroalimentario por ahora no ha sido incluido en la Taxonomía de la UE, ya que el periodo de preparación y publicación de la misma coincidió con el proceso de reforma de la Política Agrícola Común y se decidió esperar a que estuviese concluida para incorporar los objetivos ambientales estratégicos.

En cualquier caso, está claro que el sector agroalimentario es uno de los que puede ayudar de manera más relevante en la consecución de los objetivos europeos de contribuir de manera decisiva a la reducción de la emisión de GEI, a mejorar la biodiversidad y frenar el proceso de calentamiento climático.



Como recoge el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en su informe de 2022, el sector agrario y forestal representa de media entre el 13 y el 21 % de las emisiones antropocéntricas de GEI. Pero la gestión adecuada de los ecosistemas ofrece grandes oportunidades de mitigación del cambio climático al mismo tiempo que suministra alimentos, madera y otros recursos renovables, a la vez que contribuye a conservar la biodiversidad.

Hay que tener también en cuenta que los ecosistemas terrestres absorben alrededor de un tercio de todas las emisiones de CO₂.

Según la FAO las emisiones totales de GEI procedentes de los sistemas de producción agraria alcanzaron en el año 2020 un volumen de 12,9 GtCO₂e, siendo las principales fuentes de emisión las siguientes:



| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Cambio de uso de la tierra | 5,9 GtCO ₂ e |
| Fermentación entérica | 2,7 GtCO ₂ e |
| Gestión de purines | 1,5 GtCO ₂ e |
| Uso de energía en agricultura | 1,0 GtCO ₂ e |
| Cultivo de arroz | 0,7 GtCO ₂ e |
| Fertilizantes sintéticos | 0,6 GtCO ₂ e |
| Otros | 0,7 GtCO ₂ e |

En un escenario en el que no se adoptasen medidas para reducir el impacto de la agricultura el nivel de emisiones se estima que ascendería hasta los 14,4 GtCO₂e. En sentido contrario, con objeto de cumplir con los objetivos de reducción del calentamiento de la tierra hasta 1,5 °C planteado en el Acuerdo de París, exigiría un esfuerzo de reducir las emisiones hasta 3,1 GtCO₂e.

Siendo conscientes de la necesidad de asegurar un nivel adecuado de alimentación para una población en crecimiento, y al mismo tiempo contribuir a frenar el calentamiento climático, toda una serie de medidas pueden ser implementadas por el sector agroalimentario. Y muy especialmente por el sector ganadero ya que, como se deduce de los factores de emisiones anteriormente descritos, una parte importante está directamente relacionada con el manejo del ganado.

A lo largo de los últimos años, la sensibilidad de todos los agentes que intervienen en la cadena agroalimentaria

hacia las cuestiones medioambientales se ha ido intensificando. De esta forma se viene realizando un gran esfuerzo en el ámbito de la investigación para desarrollar nuevas formas de producción. En este sentido, las empresas están realizando importantes inversiones para incorporar estas innovaciones en sus procesos productivos.

Conscientes de la relevancia que la innovación va a tener en dar respuesta a una parte de los retos a los que nos enfrentamos, a principios de 2022 en Cajamar editamos una publicación que lleva por título “Sostenibilidad en la producción ganadera”, con la que analizamos los numerosos trabajos desarrollados en nuestro país por parte de centros de investigación, empresas y productores para minimizar el impacto ambiental de las explotaciones ganaderas.

No es el objeto de este artículo, presentar un inventario de todas las actuaciones que pueden mejorar el impacto de la actividad ganadera. Pero sí hay una serie de grandes líneas que pueden contribuir a ello. Dentro de las mismas destacan:

- La mejora de la eficiencia de la producción, y una cierta intensificación, puede liberar tierras agroganaderas que se destinen a servicios ecosistémicos y forestales.

- Puesta a punto de tecnologías y técnicas que reduzcan las emisiones entéricas. Especialmente con el desarrollo de nuevos aditivos.
- Mejora genética.
- Manejo eficiente de los purines y uso de digestores anaeróbicos.
- Inhibidores de nitrógeno.

En ningún caso hemos pretendido ser exhaustivo en con esta lista. Tan solo mostrar el camino que queda por recorrer.

Y todas estas medidas van a requerir de inversiones relevantes, que necesitarán de financiación y que estarán perfectamente alineadas con la Taxonomía de la UE, siempre que afecten positivamente a alguno de los seis objetivos mencionados anteriormente.

ACERCA DE LOS AUTORES

Roberto García Torrente

Ingeniero Agrónomo con especialización en economía agroalimentaria. Subdirector General de Cajamar Caja Rural. Director de Desarrollo Sostenible. Presidente de Fundación Cajamar. Presidente y CEO de Plataforma Tierra.

CON CLU SIO NES

Como conclusión podemos señalar el importante papel que va a tener el sector agroalimentario, en su conjunto, y el ganadero, en particular. Al mismo tiempo tendremos que trabajar por mantener una elevada biodiversidad y por proteger las fuentes de suministro de agua.

Existe ya una concienciación elevada para la mayor parte de los agentes del sector. Se están desarrollando ambiciosos proyectos de investigación para cambiar las tecnologías empleadas hasta ahora, y serán necesarias fuertes inversiones para transformar el modelo productivo.

La financiación sostenible será una herramienta fundamental para que esa transformación se realice sin dilación y con la mayor eficacia.

**EL SECTOR
AGROALIMENTARIO
ES UNO DE LOS QUE
PUEDE AYUDAR
DE MANERA MÁS
RELEVANTE EN LA
CONSECUCCIÓN DE
LOS OBJETIVOS
EUROPEOS DE
CONTRIBUIR A LA
REDUCCIÓN DE LA
EMISIÓN DE GEI**



LA SOSTENIBILIDAD DEL MERCADO DE LA LECHE EN ESPAÑA

**JORGE SANTISO,
FRANCISCO SINEIRO**

*ECOAGRASOC, Universidad de
Santiago de Compostela*

***E**coagrasoc
Grupo de Estudios
Agroalimentaria e Alimentación,
Desarrollo Rural
e Economía Social



Nuestro objetivo es aportar una visión global de la economía del sector lácteo en España y su evolución reciente, como marco general de las condiciones de sostenibilidad. En un primer apartado exponemos la producción de leche de vaca y la estructura de las explotaciones, así como los impactos de los cambios institucionales en sus resultados económicos. En el segundo apartado abordamos una aproximación al consumo aparente de productos lácteos, y su evolución, integrando la producción industrial y el balance del comercio exterior. En el tercero incluimos una breve referencia a la organización de la cadena de valor, para concluir con una reflexión general sobre la dinámica del sector desde finales de 2021



**LA PRODUCCIÓN
DE LECHE DE VACA
HA AUMENTADO
EN LOS ÚLTIMOS
DIEZ AÑOS EN UN
16% MIENTRAS
QUE EL NÚMERO DE
PRODUCTORES
HA DESCENDIDO
EN UN 44%**

LA PRODUCCIÓN

La producción de leche de vaca ha aumentado en los últimos diez años en un millón de toneladas (un 16%), elevando las entregas mensuales de leche hasta las 610 mil toneladas, mientras que el número de productores ha descendido en este mismo período en un 44% hasta los 10.800 actuales (figura 1).

La producción de leche se caracteriza por una elevada concentración económica y territorial, por un alto grado de especialización y por el dominio de sistemas intensivos. Aunque de modo muy minoritario también hay una producción extensiva y ecológica.

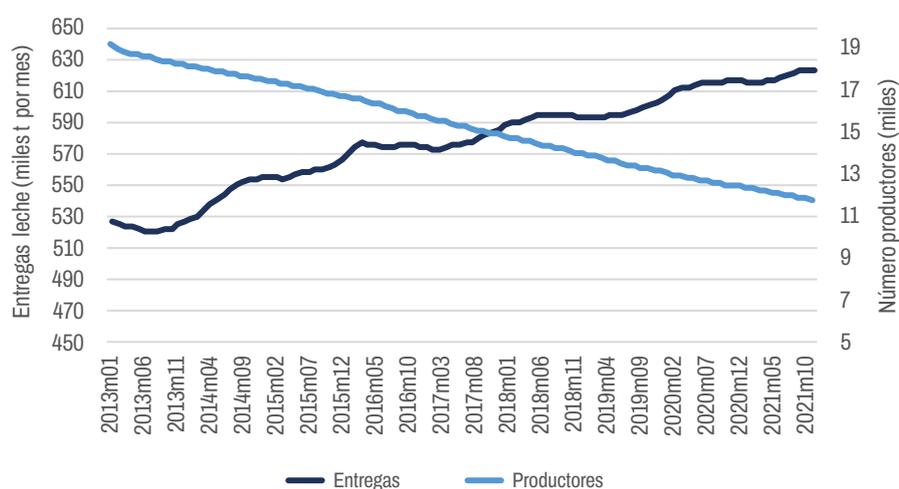


Figura 1. Entregas leche y número de productores (medias móviles mensuales). Años 2013 a 2021.

Fuente: Declaraciones de entregas, FEGA, MAPA

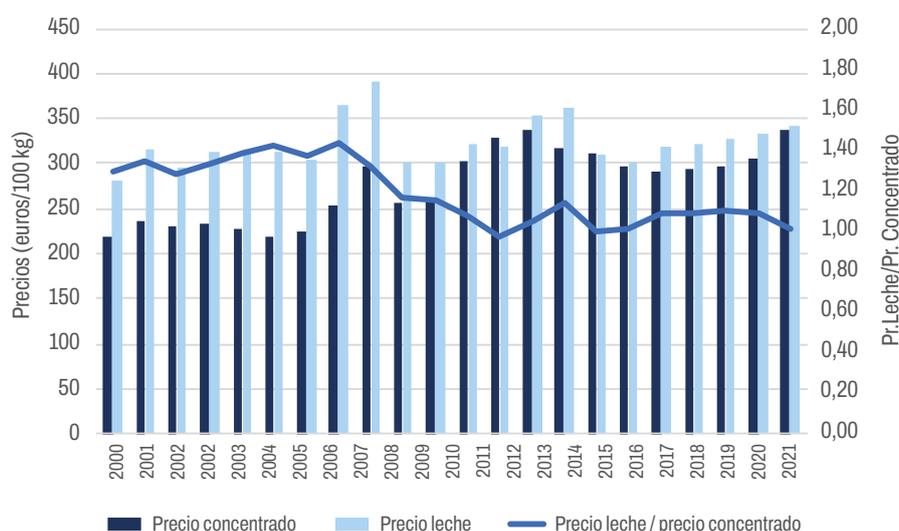


Figura 2. Evolución de los precios de la leche y concentrado y de su relación de precios. Años 2000 a 2021

Un 77% de la producción está concentrada en el 30% de las explotaciones con entregas de más de 500 mil kg de leche al año. La concentración también es elevada en la escala territorial: el 55% está en las CCAA del norte (el 39% en Galicia) que, junto con Castilla y León, Cataluña y Andalucía aportan el 86% de las entregas (MAPA, 2022).

Es una actividad especializada con muy escasa relevancia de explotaciones diversificadas en otras producciones. La mayoría practican sistemas intensivos con altas producciones de leche por vaca que requieren también un uso elevado de inputs, que en general están sustentados en una limitada base territorial con elevadas cargas ganaderas (media de 2,6 UGM/ha), que supera las 4 UGM en las de mayor tamaño) (FADN, 2022).

La producción está afectada por los problemas de falta de sucesión en parte de las explotaciones y las dificultades de contratación de mano de obra asalariada.

EFFECTOS DE LOS CAMBIOS INSTITUCIONALES EN LOS RESULTADOS ECONÓMICOS DE LAS EXPLOTACIONES

Desde el año 2007 las condiciones de la producción de leche han cambiado como resultado de dos factores:

- ✓ Una elevada volatilidad en el precio de la leche provocada primero por la desregulación de precios y después por la eliminación de las cuotas.
- ✓ Una relación desfavorable del precio de la leche con respecto al concentrado como consecuencia de una mayor subida de los precios de los cereales y oleaginosas: mientras que hasta 2007 se mantenía de media en el 1,4 se ha reducido al 1,1 en los años posteriores. (Figura 2)



Estrategia de descarbonización del vacuno de leche en España

El resultado ha sido un descenso y una elevada variabilidad en la renta unitaria¹, que ha descendido de los 132 euros por mil litros de media del 2000 al 2007 a 87 euros entre 2008 y 2021, aumentando al tiempo su sensibilidad a la variación en los precios de la leche y sus principales insumos (figura 3).

Bajo estas nuevas condiciones del mercado la principal vía de mejora de la renta por ocupado ha sido el aumento

del tamaño (la producción/ocupado) ya que la reducida base territorial de las explotaciones ha limitado la mejora en la eficiencia económica (la relación costes/ingresos). El importante aumento de 320 mil litros en la producción por explotación entre 2010 y 2020 ha estado acompañado por un incremento de la intensificación (27% en el rendimiento por vaca y 16% en las UGM/ha) y un descenso en la autonomía alimentaria (FADN, 2022).

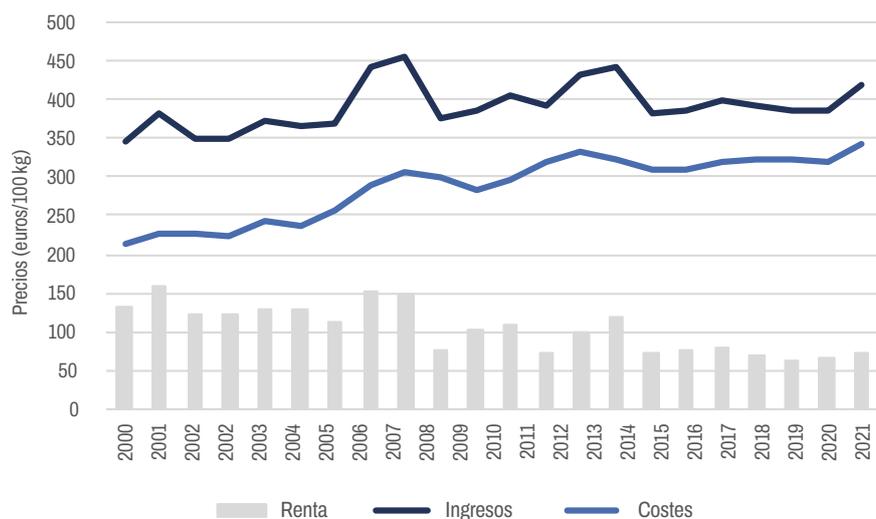


Figura 3. Evolución de los ingresos, costes y rentas en explotaciones de leche de Galicia. Años 2000 a 2021

Fuente: Barbeyto, 2000 a 2006, grupo gestión USC 2006-2021

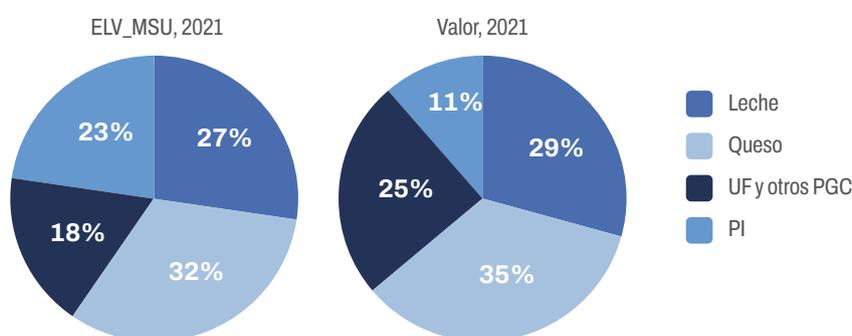


Figura 4. Utilización de la leche en la industria y valor de la producción, 2021

Fuente: Elaborado a partir de FEAGA y EIP (INE)

¹ Renta= ingresos-costes. En los ingresos se incluye la leche, el ganado y las subvenciones; en los costes todos los gastos corrientes y las amortizaciones. De este modo la renta equivale a la retribución por el trabajo no asalariado y el coste de oportunidad del capital propio.

² EL por MSU: Equivalente leche de vaca por su contenido en materia grasa más proteína



EL MERCADO DE PRODUCTOS LÁCTEOS

La industria láctea ha procesado en 2021 unos 7,5 millones de toneladas de leche de vaca y otro millón de toneladas de leches de oveja y cabra (1,5 millones de toneladas equivalente leche de vaca, en términos de materia seca útil MSU²).

La mitad de la leche de vaca es tratada por la industria de leche de consumo, aunque la leche envasada en sentido estricto absorbe menos del 30% del total de la MSU disponible, un porcentaje inferior al que corresponde a quesos al incluir éstos las leches de oveja y cabra, que aportan a la industria quesera la mitad de la MSU empleada (*figura 4*). La integración de los tres tipos de leche es una particularidad del sector lácteo español, que produce un volumen elevado de quesos de mezcla.

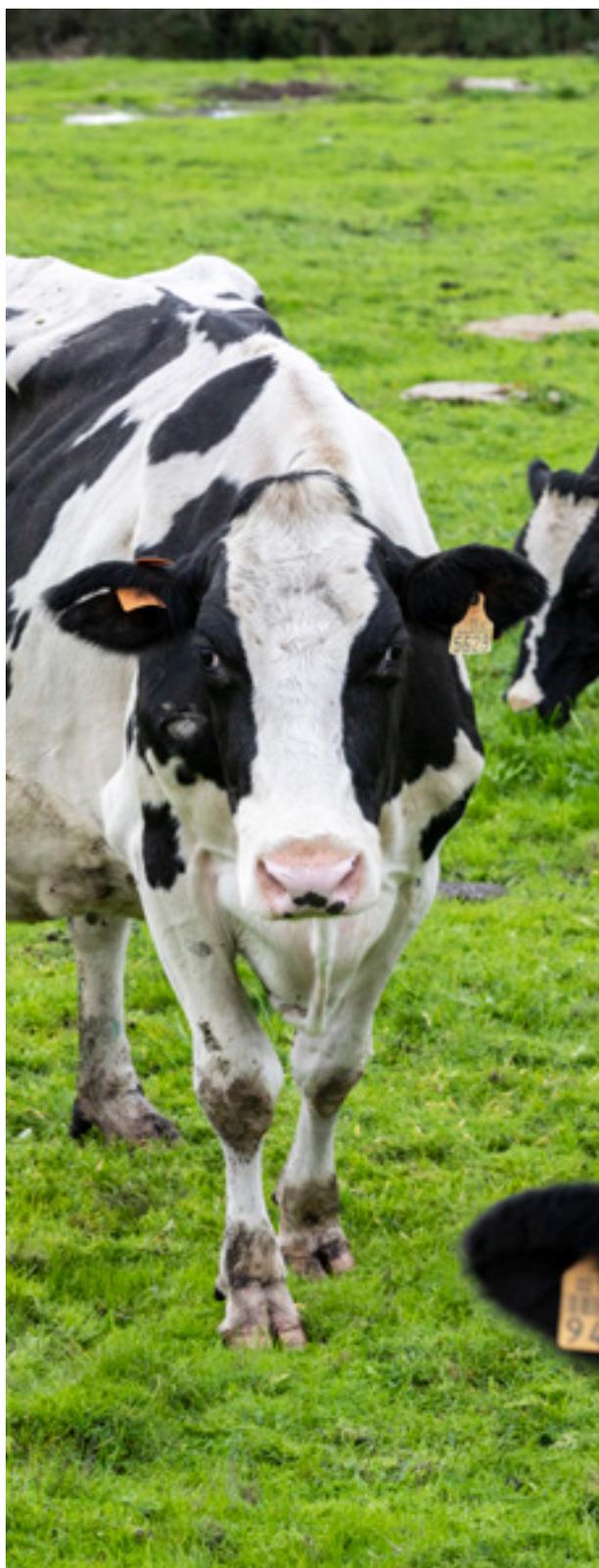
El aumento de la producción de leche de vaca que se ha registrado en la última década (un millón de toneladas, de las que la mitad se concentra en los años 2014 y 2015), ha permitido reducir las importaciones de leche en cisterna (que habían sido importantes en la década anterior) y obtener un aumento sensible de la producción de queso, así como cierto desarrollo de los productos industriales.

El valor de la leche utilizada como materia prima alcanza, en origen y para el año 2021, unos 3.360 millones de euros y el valor de los productos lácteos, a precios salida de industria, los 8.500 millones (EIP 2021).

EL COMERCIO EXTERIOR Y EL CONSUMO APARENTE

España exportó en 2021 productos lácteos por valor de 1.350 millones de euros, mientras las importaciones alcanzaban los 1.825, registrando así un saldo negativo próximo a los 500 millones de euros, que se corresponde con un déficit de 1,2 millones de toneladas de equivalente leche (EL MSU).

Los quesos forman el grupo de mayor impacto en las exportaciones y, sobre todo, en las importaciones (38 y 67%, respectivamente), resultando un balance neto de unas 240 mil toneladas, equivalentes a 1,4 millones de toneladas de leche, siendo así la partida responsable en la formación del déficit, dado que las demás partidas se compensan en buena medida con las exportaciones de excedentes grasos. Este déficit puede considerarse estructural, y su evolución reciente es un indicador para tener presente en la evaluación de la sostenibilidad económica del sector (*figura 5*).



El balance de producción y comercio exterior nos permite una aproximación al consumo aparente y su evolución, con un crecimiento sostenido que acumula un 28% en las dos últimas décadas hasta los 10,2 millones de toneladas equivalente leche de 2021. Durante la primera década, buena parte del crecimiento se ha cubierto con importaciones, con el consiguiente deterioro del grado de autoabastecimiento; a partir de 2009, la ralentización del consumo y el aumento en la producción de leche permitieron su recuperación (figura 6).

LA ORGANIZACIÓN DE LA CADENA Y SUS DEBILIDADES

Las estructuras cooperativas en la industria láctea tienen un peso reducido y limitado, y su enfoque se centra principalmente en la leche destinada al consumo directo.

En ausencia de esta integración en la escala industrial, el interés se centra en las relaciones en el mercado de la leche en origen con el soporte de las herramientas del Paquete Lácteo, que en España han contado con un desarrollo normativo temprano. Los contratos, obligatorios y de duración mínima anual, deberían ser la base de las relaciones entre productores e industria; sin embargo, en el modelo de contractualización han pesado los aspectos formales y su gestión burocrática, mientras los avances efectivos siguen siendo limitados, con unas organizaciones de productores (OP) dotadas de escasos recursos y con escasa participación en la negociación de las condiciones del contrato.

LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

En los apartados anteriores hemos acotado a 2021 las series analizadas, a pesar de estar disponibles informaciones más recientes de algunas de las variables utilizadas. Hemos tomado esa opción ante del comportamiento atípico de 2022 en el que se registran cambios abruptos que podrían distorsionar el objetivo general del análisis del sector lácteo y su evolución.

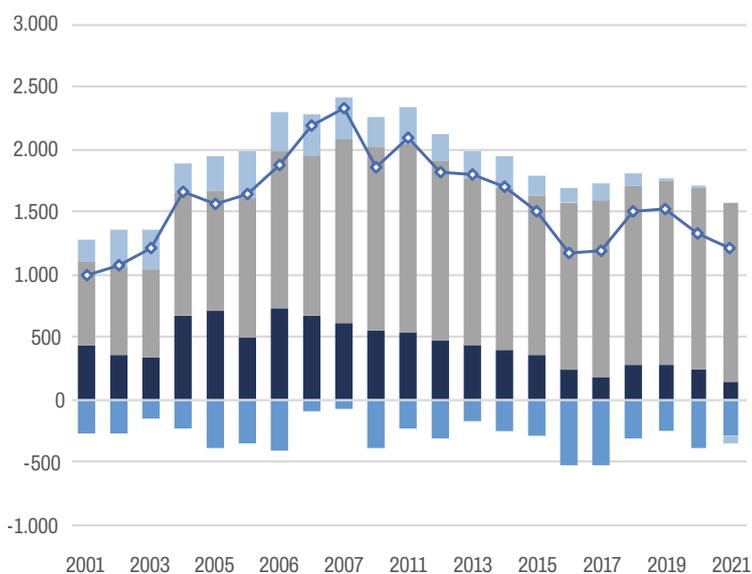


Figura 5. Déficit de leche y productos lácteos, en equivalente leche de vaca (EL por MSU)

Fuentes: elaboración a partir de DataComex

- Otros PGC
- Queso
- PI (MP)
- PI (MG)
- Total

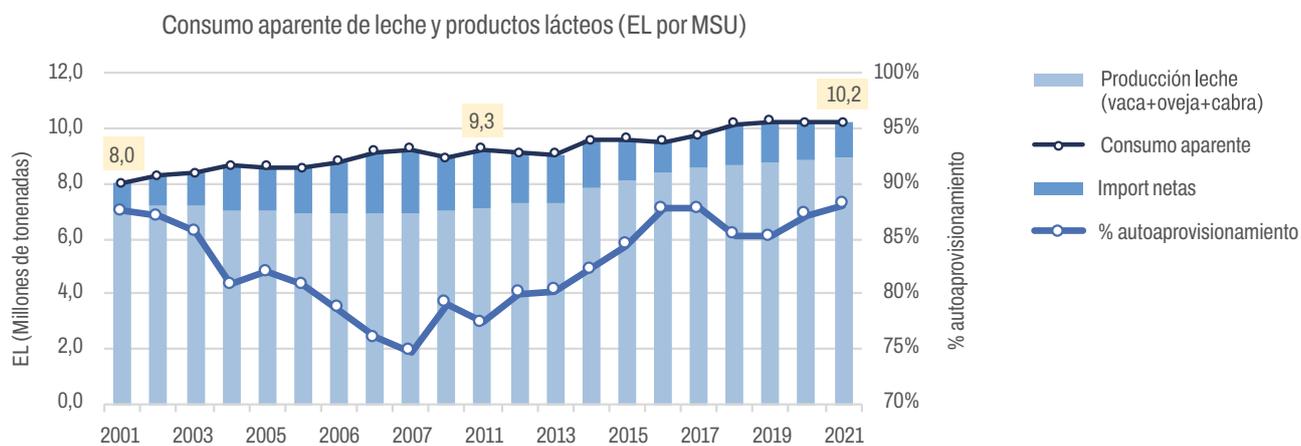


Figura 6. Consumo aparente y grado de autoaprovechamiento, 2001-2021

Fuente: elaboración a partir de FEAGA-MAPA y DataComex

Desde finales de 2021 la producción de leche se desarrolla bajo la presión del encarecimiento de las materias primas y la energía y condiciones climatológicas adversas por olas de calor y sequía. Aunque con un retraso considerable, los mayores costes de producción se trasladaron a los precios de la leche, hasta alcanzar unos niveles históricos en la segunda parte de 2022.

La senda de crecimiento de la producción de leche cambia a partir de febrero de 2022, acumulando un descenso del 2,5% en la producción de los últimos 15 meses. Avanzado 2023, la producción parece recuperarse, animada por una mejor relación precios leche/concentrado, pero la incertidumbre continúa en variables como la evolución de los mercados globales o el impacto de la inflación sobre el consumo.

Queda por ver, por lo tanto, si estamos ante cambios de tendencia o una situación puntual ocasionada por la concurrencia de varios factores.



ACERCA DE LOS AUTORES

Jorge Santiso

Ingeniero agrónomo, con trayectoria profesional ligada a la gestión pública y a la docencia e investigación (Universidad de Santiago de Compostela). Ha elaborado diversas publicaciones en el ámbito de la economía del sector lácteo (disponibles en Researchgate)

Francisco Sineiro

Doctor ingeniero agrónomo con trayectoria profesional ligada primero a la investigación en producción animal y después a la docencia en economía agraria; con trabajos y publicaciones sobre la estructura de las explotaciones y la economía del sector lácteo

CON CLU SIO NES

EL BALANCE DE PRODUCCIÓN Y COMERCIO EXTERIOR NOS PERMITE UNA APROXIMACIÓN AL CONSUMO APARENTE Y SU EVOLUCIÓN, CON UN CRECIMIENTO SOSTENIDO QUE ACUMULA UN 28%

La producción de leche ha aumentado en los últimos diez años, lo que ha contribuido a reducir el déficit existente y las importaciones. Se va concentrando en explotaciones muy especializadas, que incrementan su intensificación. Los precios hasta 2021, que es el año analizado, han tendido a la baja cuando se comparan con los costes de los insumos. La industria láctea procesa los productos, para elaborar productos destinados mayoritariamente al mercado interior. El mercado exterior tiene mayor presencia en las exportaciones.

La cadena de valor está poco organizada, siendo dependiente de las decisiones de las administraciones públicas. La sostenibilidad futura tiene mucha dependencia de los costes de producción.



LA VISIÓN

A black and white photograph of two cows in a field. The cow in the foreground is dark with white patches, grazing on grass. The cow in the background is also dark with white patches. The text 'DE LOS GANADEROS Y GANADERAS' is overlaid in a large, blue, sans-serif font across the middle of the image.

DE LOS
GANADEROS Y
GANADERAS



Para este apartado se realizó un cuestionario para conocer la visión de los y las ganaderas que ha incluido una serie de preguntas con el objetivo principal de conocer la visión desde el punto de vista de los ganaderos.

De este modo, el contenido del cuestionario incluye temas sobre la relación del cambio climático con la producción ganadera y las estrategias que se aplican actualmente por parte de los ganaderos para mitigar las emisiones de GEI.

GANADERÍA SIMVAL



Con una planificación correcta del pastoreo, y aprovechando los recursos forrajeros propios se consigue un bajo nivel de insumos externos.



1/

Los medios de comunicación publican noticias señalando que las vacas contribuyen al cambio climático. ¿Qué opinión le merecen esas noticias?

Es verdad que hay mucha desinformación sobre este tema, sacando las cosas de contexto, los consumidores reciben información medioambiental de los alimentos por diferentes etiquetas que en su mayoría generan desinformación y no podemos obviar que la leche, los yogures, los quesos... nutricionalmente son una gran fuente de proteína, además de agua y minerales importantes para el organismo, y que juegan un papel esencial como es el de alimentar a las personas. Hay, en los productos lácteos, un importante valor añadido detrás que no es comparable al impacto ambiental de un viaje en avión, por ejemplo. Los ganaderos tenemos una gran responsabilidad que es alimentar a una población mundial que sigue creciendo, de una manera segura, de calidad y sostenible medioambientalmente.

2/

La mejora de la eficiencia productiva en una granja de vacas contribuye a reducir las emisiones de GEI por Kg de leche producida. ¿Cómo ha evolucionado la productividad en su granja en los últimos diez años? ¿Cómo cree que puede seguir mejorando en los próximos diez años?

En los últimos años hemos mejorado la eficiencia en nuestra granja, produciendo más litros por vaca, por ejemplo, para ello hemos mejorado en bienestar animal, aumentando el espacio del establo, material de las camas, manejo de los animales... También ya a nivel de cultivo, hemos mejorado en las prácticas de laboreo, rotación de cultivos, pastoreo, producción de forrajes propios haciendo una buena planificación de las mezclas de especies de hierbas forrajeras...etc.

En un futuro, seguimos apostando por una agricultura más verde, apoyándonos en las nuevas tecnologías de optimización y monitorización digital de la agricultura de precisión.

3/

Cada cierto tiempo se escucha hablar de los inhibidores de la producción de metano como una posible solución para reducir las emisiones de GEI en las granjas de vacuno de leche. ¿Qué opina con respecto a su utilización?

Efectivamente aditivos en el purín, o aditivos combinados con el pienso parecen herramientas eficaces para reducir las emisiones de metano y en consecuencia que el sector ganadero aporte su grano de arena en la lucha contra el cambio climático. Estos productos son bastantes caros por el momento, estaría bien que hubiera subvenciones para este tipo de aditivos que con el tiempo y con el aumento de su demanda, serían más baratos.

4/

El manejo del purín y del estiércol, dentro de las instalaciones de la granja, es otra vía para reducir las emisiones. ¿Cómo maneja usted el purín o los estiércoles dentro de su explotación?

El purín es almacenado en fosas sépticas, y lo utilizamos dada su gran cantidad de nutrientes, como fertilizante en los campos favoreciendo el crecimiento y rendimiento de nuestros cultivos, y al ser la nuestra una granja extensiva, la producción de purín es menor que en una intensiva, mitigando de esta forma el exceso de nutrientes en el suelo, así como emisiones de GEI.

Además, nuestro estiércol es utilizado en su totalidad para consumo propio, tanto para las patatas (con uso alimentario durante todo el año) como para nuestra propia huerta donde cultivamos todo tipo de legumbres y hortalizas minimizando así el uso de productos comprados en nuestra alimentación.

5/

La economía circular es una herramienta para hacer más sostenible su proceso productivo. ¿Cuál es el destino del purín o de los estiércoles de su granja? ¿Se usan para fertilizar pastos o cultivos que se emplean, directa o indirectamente, para alimentar a sus vacas?

Como ganaderos-agricultores tenemos la responsabilidad de gestionar los residuos que se generan de nuestra producción, para ello aplicamos los códigos de buenas prácticas agrarias, la legislación... el purín lo usamos como abono para nuestros cultivos, que son silo de maíz y de hierba y además al tratarse de una granja de pastoreo, nuestros excedentes de purín son menores.

6/

De qué manera cree que el sector de vacuno de leche extensivo puede contribuir a la reducción de las emisiones de CO₂ y por tanto a descarbonizar el sector; mejorando su imagen delante del consumidor. ¿Qué herramientas le ayudarían a usted en esa tarea?"

Con una planificación correcta del pastoreo, y aprovechando los recursos forrajeros propios se consigue un bajo nivel de insumos externos, esto hace que se desarrollen unas condiciones de sostenibilidad que la diferencian de la ganadería intensiva, teniendo una gran capacidad de adaptación, y mitigación gracias a su potencial como sumidero de CO₂, además de la enorme capacidad como gestor, mantenimiento y recuperador del paisaje y la biodiversidad y preservando el medio ambiente.

Como herramientas: el pastoreo, cubiertas vegetales, la rotación de cultivos, siembra directa...son buenas soluciones para aumentar la captura de carbono.

7/

¿Cómo ve el futuro de la producción de leche en España y en el contexto europeo? ¿Le preocupan todas las exigencias medioambientales que están apareciendo?

La mayor conciencia medioambiental del consumidor como de los ganaderos, así como el nuevo enfoque de la PAC, está modificando la gestión de nuestras granjas hacia un modelo más sostenible, siendo este un gran desafío que me preocupa y que creo que nos deben dar tiempo suficiente para ponernos al día ante todas estas exigencias. Es necesario mayor asesoramiento técnico profesional, y colaboración por parte de las administraciones públicas.



8/

¿Realizáis algún tipo de práctica a favor de la agricultura regenerativa? ¿De qué se trata y que impacto está teniendo? ¿Estáis monitorizando y midiendo la absorción de carbono por el suelo, derivado de esta/s práctica/s? ¿Qué potencial real existe en estas prácticas para contribuir a la reducción de CO₂?

Los forrajes son excelentes alimentos para nuestros animales, ya que aportan altos niveles de proteína natural. Nosotros estamos haciendo siembras forrajeras biodiversas ricas en leguminosas, que una vez sembradas, capturan el N del aire y lo fijan en el suelo para el siguiente cultivo, reduciéndose notablemente el uso de abono nitrogenado.

En el caso de nuestra ganadería se hace una mezcla de rai-grás híbrido con veza (inoculada) y trébol, mejorando la calidad de nuestros forrajes, favoreciendo así la reducción de soja y otros compuestos en el pienso y preparando el terreno para la posterior siembra de maíz en la primavera.

Antes de empezar la siembra de cada cultivo se realizan analíticas de suelo en las que se valoran los niveles de Ni, Na, K... que se encuentran presentes en la tierra; reduciendo o anulando así el uso de abonos químicos.



GANADERÍA LLANO DE TINAJEROS



Somos soporte para la comunidad en la que estamos y a la que aportamos vida y por consiguiente oportunidades para sus habitantes.

1/

Los medios de comunicación publican noticias señalando que las vacas contribuyen al cambio climático. ¿Qué opinión le merecen esas noticias?

Preocupado por las consecuencias que este tipo de información mal explicada y normalmente mal entendida por los consumidores y el público en general puede acarrear.

El cambio climático es un nuevo dogma que sirve para el enfrentamiento sin evaluar los porqués reales y conllevan simplificar hasta el extremo. Conclusión: el sector tiene que transmitir que somos capaces de revertir la situación y somos parte de la solución.

2/

La mejora de la eficiencia productiva en una granja de vacas contribuye a reducir las emisiones de GEI por Kg de leche producida. ¿Cómo ha evolucionado la productividad en su granja en los últimos diez años? ¿Cómo cree que puede seguir mejorando en los próximos diez años?

La productividad se mide por muchos factores. Si es leche producida por vaca presente (año/litros producidos).

Suponemos que llegaremos en los próximos 3 años a estabilizarnos en 12500 por vaca y año para intentar atacar los 12800/13000 en un plazo de 5 años ayudados por las



inversiones en marcha y la genómica (actualmente todavía no la usamos puesto que crecemos un poco en cabezas de ganado) (figura 1).

Somos productivos porque nuestra eficiencia de alimentación (kilos de materia seca consumidos por litro de leche producida) no baja de 1,5 en ningún caso, siendo el resultado de los últimos años: (figura 2)

No creo que consigamos mejoras de eficiencia de alimentación.

| Evolución de la producción de leche en los últimos años | | Kg de materia seca (MS) consumida por litro de leche en los últimos 4 años | |
|---|-------|--|------|
| 2017 | 11382 | 2020 | 1.67 |
| 2018 | 11976 | 2021 | 1.64 |
| 2019 | 11690 | 2022 | 1.68 |
| 2020 | 12182 | 2023 | 1.67 |
| 2021 | 12385 | | |
| 2022 | 12329 | | |

Figura 2

Figura 1



Sí somos mucho más productivos desde el punto de vista de kws de electricidad consumida (autoconsumo solar 32% ahorro anual), agua consumida y UTM utilizados por litro de leche producida. La mejora en estos campos será muy pequeña a partir de ahora.

No hemos entrado en productividad y su relación con la cantidad de antibióticos usados en la granja.

3/

Cada cierto tiempo se escucha hablar de los inhibidores de la producción de metano como una posible solución para reducir las emisiones de GEI en las granjas de vacuno de leche. ¿Qué opina con respecto a su utilización?

Poco que decir a este respecto. Si tenemos claro que funciona y no interfiere en la salud y la productividad de los animales, ningún problema.

Cuidado con dar la imagen de que a las vacas estabuladas se las alimenta de forma artificial para que no emitan metano contra la idea de que las vacas no estabuladas no necesitan tales complementos no naturales. Puede servir para incrementar la dicotomía entre vacas en libertad (de pastoreo) y no en libertad (estabuladas=contaminantes).

4/

El manejo del purín y del estiércol, dentro de las instalaciones de la granja, es otra vía para reducir las emisiones. ¿Cómo maneja usted el purín o los estiércoles dentro de su explotación?

Las dos balsas que reciben los purines de las vacas en ordeño (uno de los patios de ordeño y la otra de la sala de ordeño) se sacan diariamente con dos destinos.

- 1_ Directamente al campo de nuestra propiedad (700hcs) o de los vecinos.

Este sistema ayuda a la mejora de la materia orgánica del nuestro suelo y nos permite un ahorro en fertilizantes muy importante.

- 2_ Cuando no se puede salir al campo tenemos una balsa receptora de los purines en donde después de separar el sólido del líquido, este último se almacena hasta que se puede volver al campo.

Todas las vacas secas y todas las novillas están en patios abiertos con cama caliente. El sólido que producen, así como el sólido proveniente de la separación sólido/líquido anteriormente citado tiene dos destinos:

- 1_ Rellenar los cubículos de las vacas en ordeño (no se usa más que basura seca como acomodación para las vacas en ordeño con un considerable ahorro de costos y una de práctica de economía circular).
- 2_ Venta a un gestor autorizado.

5/

La economía circular es una herramienta para hacer más sostenible su proceso productivo. ¿Cuál es el destino del purín o de los estiércoles de su granja? ¿Se usan para fertilizar pastos o cultivos que se emplean, directa o indirectamente, para alimentar a sus vacas?

El 100% del forraje de primavera (proviene de parcelas en regadío y parcelas en secano) así como del forraje de verano (maíz forrajero) que alimenta a nuestras vacas y parte del maíz que consumen (en forma de pastoreo), así como la paja, proviene de las parcelas de la finca en la que

está integrada la granja. La distancia entre dichas parcelas y la zona de estocaje no es de más de 5 kms.

La cama de las vacas en ordeño proviene al 100% de basura de las propias vacas. La incidencia de este sistema en cuanto a calidad de leche y posibles enfermedades en las ubres de las vacas es inexistente.

6/

De qué manera cree que el sector de vacuno de leche intensivo puede contribuir a la reducción de las emisiones de CO₂ y por tanto a descarbonizar el sector; mejorando su imagen delante del consumidor. ¿Qué herramientas le ayudarían a usted en esa tarea?"

La granja está dentro de los parámetros de granja INTENSIVA, pero en todo caso, debo decir que la autoproducción de comida usando la economía circular, el cuidado del suelo al utilizar en su mínima expresión abonos inorgánicos y la gestión de las parcelas permitiendo la biodiversidad son parte de nuestra cultura. Además, somos soporte para la comunidad en la que estamos y a la que aportamos vida y por consiguiente oportunidades para sus habitantes.

7/

¿Cómo ve el futuro de la producción de leche en España y en el contexto europeo? ¿Le preocupan todas las exigencias medioambientales que están apareciendo?

Me preocupa que la velocidad a la que nos tengamos que adaptar a esta realidad sea más rápida de lo que nos podamos permitir. Inversiones crecientes, nueva normativa que nos obliga sin que hayamos digerido la normativa anterior.

Además de esta estresante situación, las consecuencias derivadas de que las exigencias medioambientales nos coloquen en posición de desventaja respecto a otros productores de UE y sobre todo de fuera de la UE.

Me preocupa que somos pocos ganaderos e incluso en determinadas zonas somos los únicos, por lo que todas las miradas están puestas en nosotros.

Aun así, confío en nuestro poder de adaptación. Es muy importante estar al día en cuanto a información, técnicas, know-how del sector, nuevas inversiones necesarias...

8/

¿Realizáis algún tipo de práctica a favor de la agricultura regenerativa? ¿De qué se trata y que impacto está teniendo? ¿Estáis monitorizando y midiendo la absorción de carbono por el suelo, derivado de esta/s práctica/s? ¿Qué potencial real existe en estas prácticas para contribuir a la reducción de CO₂?

Todas las parcelas de secano de la finca (500 has. entre una granja y otra situada a 30 km) se siembran utilizando la técnica de Siembra Directa SD. La paja que proviene de las cosechas de las parcelas en SD se pica y se deja sobre el terreno. Para que la SD funcione es necesario tener una cobertura del suelo en toda época del año por lo que no se hace barbecho sino alternancia de cultivos (cereal-proteaginoso) año tras año.

Las hierbas de verano no se tratan y se dejan crecer, la vida en las parcelas se observa en la densidad de insectos y hormigas en el suelo que demuestran que los suelos están vivos y sólo antes de la siembra se fumigan con herbicida para contrarlar la proliferación de malas hierbas que puedan hacer la competencia al cultivo implantado. La materia orgánica de los pobres suelos de nuestra zona ha pasado en 15 años de 1,3 a 2,4 lo cual indica que es el buen camino que seguir. Se respetan las zonas más pobres para dejar zonas de refugio para la biodiversidad, no se fumigan (antes sí) los caminos ni las lindes de las parcelas con lo que la vida se mantiene en corredores de varios kilómetros alrededor de las parcelas.





No hemos medido la absorción de carbono, no estoy seguro si realmente absorbemos o simplemente estamos dejando de emitir una gran cantidad de CO₂.

Las parcelas de regadío tienen una planta de generación eléctrica solar para autoconsumo que ahorrará (recién implantada) el 30% del consumo de kw anuales. Usamos maquinaria de última generación con tractores y aperos que se entienden por ISOBUS y por lo tanto ahorramos abono al poder usar las cantidades ajustadas a las necesidades en cada m² de las parcelas al utilizar el abonado en dosis variable. Asimismo, dosis variable en las dosis de siembra de las semillas y dosis variable en los herbicidas producto de la lectura satelital que debidamente estudiada se lleva a mapas de rendimiento y sirve para hacer los objetivos de inputs lo más ajustados posible.

El camino por recorrer es infinito (hasta la absoluta ruina de su propietario).

GANADERÍA MORE HOLSTEIN



Hay que ser conscientes que cada vez el consumidor nos demanda un producto que cumpla con los estándares sociales, ambientales y de transparencia.

1/

Los medios de comunicación publican noticias señalando que las vacas contribuyen al cambio climático. ¿Qué opinión le merecen esas noticias?

Efectivamente las vacas contribuyen al cambio climático. En mi opinión la pregunta es que se hace para contrarrestar ese cambio climático.

2/

La mejora de la eficiencia productiva en una granja de vacas contribuye a reducir las emisiones de GEI por kg de leche producida. ¿Cómo ha evolucionado la productividad en su granja en los últimos diez años?

Gracias a las grandes inversiones que hemos llevado a cabo en cuestiones de I+D+I y a la eficiencia basada en la formación de un equipo de trabajo, en los últimos 10 años, hemos pasado de una producción de 10.000 litros por vaca y año a 12.000 litros por vaca y año.

¿Cómo cree que puede seguir mejorando en los próximos diez años?

La línea de trabajo que nos hemos marcado para los próximos años es ser lo más autosuficientes posible, comprando tierras cerca de la explotación para de esa manera tener alimento de proximidad y reducir la huella de carbono



en transporte. También nos hemos propuesto reutilizar al máximo los residuos que generamos. Tanto las aguas pluviales, almacenándolas en una balsa para después regar con ellas, como con el estiércol líquido para después fertilizar las tierras cercanas a la explotación.

3/

Cada cierto tiempo se escucha hablar de los inhibidores de la producción de metano como una posible solución para reducir las emisiones de GEI en las granjas de vacuno de leche. ¿Qué opina con respecto a su utilización?

No tengo experiencia al respecto, no obstante, si es un producto que mejora la reducción de emisión de CO₂ y no afecta de ninguna manera a las vacas, bienvenido sea.

4/

El manejo del purín y del estiércol, dentro de las instalaciones de la granja, es otra vía para reducir las emisiones. ¿Cómo maneja usted el purín o los estiércoles dentro de su explotación?

Como actividad ganadera genera unas deyecciones ganaderas sólidas que gestiona mediante la técnica del compostaje y unas líquidas que tienen como destino su aplicación agrícola como fertilizante orgánico.

Los planes de fertilización incluirán: los tipos de materias fertilizantes nitrogenadas a utilizar, la riqueza o contenido

**LA LÍNEA DE TRABAJO QUE
NOS HEMOS MARCADO
PARA LOS PRÓXIMOS
AÑOS ES SER LO MÁS
AUTOSUFICIENTE POSIBLE**



de nitrógeno de los productos elegidos, las dosis, cantidades y frecuencia de aplicación de los mismos. Incluirán, así mismo, los periodos, las condiciones y, en su caso, las restricciones de su utilización.

5/

La economía circular es una herramienta para hacer más sostenible su proceso productivo. ¿Cuál es el destino del purín o de los estiércoles de su granja?

La fertilización de la tierra y como consecuencia la producción de forrajes de alta calidad.

¿Se usan para fertilizar pastos o cultivos que se emplean, directa o indirectamente, para alimentar a sus vacas?

Si.

6/

De qué manera cree que el sector de vacuno de leche intensivo puede contribuir a la reducción de las emisiones de CO₂ y por tanto a descarbonizar el sector; mejorando su imagen delante del consumidor. ¿Qué herramientas le ayudarían a usted en esa tarea?"

El apoyo de políticos, científicos, veterinarios, ingenieros, en definitiva, todos los colectivos que puedan aportar soluciones para la mejora y reducción del impacto en el medioambiente.

7/

¿Cómo ve el futuro de la producción de leche en España y en el contexto europeo? ¿Le preocupan todas las exigencias medioambientales que están apareciendo?

Bajo mi punto de vista, el futuro de la ganadería en España y por lo tanto en Europa, pues pertenecemos a la Unión Europea, pasa por la profesionalización de sector. Para ello es necesario tener un volumen mínimo que pueda permitir

formar un equipo de trabajo cualificado para llegar a las exigencias tanto en bienestar animal como a los requisitos medioambientales. Hay que ser conscientes que cada vez el consumidor nos demanda un producto que cumpla con los estándares sociales, ambientales y de transparencia.

No tenemos que olvidar que las nuevas generaciones, que serán los futuros trabajadores de nuestro sector, demandan el tipo de trabajo que requiere más automatización y tecnología y por tanto disponer de más tiempo libre para la conciliación familiar y social.

8/

¿Realizáis algún tipo de práctica a favor de la agricultura regenerativa? ¿De qué se trata y que impacto está teniendo? ¿Estáis monitorizando y midiendo la absorción de carbono por el suelo, derivado de esta/s práctica/s? ¿Qué potencial real existe en estas prácticas para contribuir a la reducción de CO₂?

More Holstein lleva a cabo un proyecto innovador denominado "Producción agrícola para la alimentación de vacuno lechero: Desarrollo de la producción propia". Dicho proyecto se basa en la introducción progresiva de técnicas de agricultura de conservación, es decir: rotación de cultivos y uso de abono natural ecológico y el manejo del agua.

El **objetivo de este proyecto** es aumentar el porcentaje de alimentación de producción propia versus la compra, incrementando la independencia en los suministros para la granja y al mismo tiempo el reciclaje de estiércoles y purines; es decir, se trata de desarrollar una práctica totalmente amigable con el medioambiente y enmarcada en el marco de la economía circular y regenerativa.

Este proyecto se lleva a cabo en las fincas de Ayora de 122 ha y en la finca de Bétera con 26 ha. Con anterioridad a su uso como zona de cultivos forrajeros la finca de Ayora se destinaba al cultivo de viñedos y cereal y las de Bétera a cítricos como naranjas y limones. Ambas zonas estaban en situación de semi abandono con viñas improductivas y cítricos muy viejos. Actualmente, en la comarca de Ayora se cultivan cereales como trigo, cebada, avena, maíz, etc. Estos cultivos son muy comunes debido a su adaptabilidad a la comarca y demanda en la industria alimentaria. Aquí se desarrolla una serie de rotaciones y prácticas agrícolas



**NECESITAMOS EL APOYO DE
RESPONSABLES DE POLÍTICOS,
COMUNIDAD CIENTÍFICA Y VETERINARIA
ASÍ COMO DE PROFESIONALES
DE LA INGENIERÍA.
EN DEFINITIVA; DE TODOS LOS
COLECTIVOS QUE PUEDAN APORTAR
SOLUCIONES PARA LA MEJORA Y REDUCCIÓN
DEL IMPACTO EN EL MEDIOAMBIENTE**

que mejoran la calidad y fertilidad de los suelos, mediante la aportación de estiércoles de vaca compostado ecológico de la propia granja e incorporando restos de cultivos anteriores. Como resultados se ha evidenciado mediante analíticas, una mejora tanto en materia orgánica como en niveles de fósforo y potasio desde el 2015 al 2022.

En los próximos años, se realizará una rotación con mezclas de cebada-veza por su calidad de forraje, y también por la fijación de nitrógeno de estos cultivos en el suelo, y a su vez una mejora de éste en valores de materia orgánica y fertilidad. Por otro lado, parte de la paja de la cosecha y los rastrojos se incorporan al suelo ya que retienen materia orgánica, carbono y ayudan a conservar la humedad.

La paja además de ser una barrera física de protección es fuente de carbono y energía para multitud de organismos que sostienen la biodiversidad y salud del suelo. Al menos una vez al año se realiza una aportación de micorrizas a los diversos cultivos, para beneficiar a la planta y por supuesto a la biodiversidad del suelo, ya que la aportación de estiércol hace un complemento ideal para estos microorganismos, para los cultivos y por supuesto, para el suelo. Esta técnica se practica en muy pocas fincas de cereal de la zona, pero en nuestra finca hemos conseguido un aumento de la producción del 10% respecto a años anteriores. En la finca de Ayora en 2023 se ha realizado una rotación de la siguiente manera: una primera cosecha de cebada, y una segunda cosecha posterior de maíz.

En la zona de Bétera, More Holstein está adquiriendo parcelas de cítricos abandonadas de su cultivo por su baja rentabilidad o la edad de los árboles y se está transformando en tierras para cultivos forrajeros. Se está desarrollando este segundo núcleo productivo, implantando rotación y abono con estiércol orgánico sustituyendo al tradicional abonado inorgánico a través del goteo.

El objetivo es en 2025-2030, contar con suficientes hectáreas de terreno entre las dos áreas (Ayora y Bétera) para abastecer al 100% a las necesidades de forraje. Actualmente el abastecimiento es del 60%.

Para un mejor manejo y optimización del agua, se instalarán próximamente sondas de medición de la humedad a distintas profundidades en los diferentes cultivos del año. Esta técnica está cada vez más extendida, pero en las fincas de riego de la comarca de Almansa-Ayora no es muy elevado. El objetivo es controlar la humedad real del suelo mediante estas sondas y no regar más que cuando sea necesario, pudiendo así ahorrar agua.

**NUESTRO OBJETIVO
ES UTILIZAR
SIEMPRE LAS
MEJORES TÉCNICAS
AGRÍCOLAS
DISPONIBLES
PARA OPTIMIZAR
NUESTRAS
COSECHAS, *TÉCNICAS*
QUE EN LA MAYORÍA
DE LOS CASOS SON
INNOVADORAS EN
NUESTRA REGIÓN,
DADO QUE EL CULTIVO
DE FORRAJES NO
ESTÁ EXTENDIDO**



ACERCA DE LOS AUTORES

Gabriel Lodaes

En el año 1991 con la edad de 25 años y debido al fallecimiento de mi padre, me hago cargo de la explotación familiar situada en Albacete. 300 vacas adultas y 500 ha de regadío en plena transformación, así como una granja de ovejas de raza manchega. Economista de carrera pronto aprendo a apreciar y disfrutar del contacto con la economía real, y con la ayuda de un socio en la explotación de la granja de vacas, se comienza la transformación de la explotación agrícola vacuna y ovina. A partir de 2006, ya sin acompañantes damos el salto tecnológico que nos lleva a la agricultura y GANADERIA 4.0. Desde hace 5 años, estamos mentalizados de que no es suficiente ser eficientes como productores agro ganaderos si no somos eficientes y respetuosos con el medio ambiente que nos da los recursos para continuar nuestra labor diaria. Todo el esfuerzo y la inversión actual se dirigen con más o menos acierto en esta dirección.

Teresa Simón

Mi nombre es Teresa Simón e hice la incorporación hace siete años convirtiéndome así en la cuarta generación de ganaderos en mi familia, que junto con mis padres y nuestros animales formamos Ganadería Simval.

Estudie un ciclo superior de Estética y Bienestar y aunque trabaje un año de ello, siempre tuve claro desde pequeña lo que quería hacer; vivir, disfrutar y trabajar en nuestra granja, para mejorar día a día y crecer produciendo una leche de calidad y sostenible.

Lidia Entrecanales

Soy Cántabra, vengo de familia ganadera.

Aunque estudié magisterio, enseguida me puse a trabajar con un equipo veterinario catalán (Nutriline).

Mi trabajo consistía en presentar en nuestros potenciales clientes una línea de nutrición para las granjas y asesorarles.

Con el tiempo también empecé a sumergirme en la genética y así asesorar en este sentido. Además de la nutrición, vendía genética americana y canadiense (semen de sementales de alto valor genético y acoplamiento sobre las vacas).

Mi aterrizaje en More Holstein fue sentimental, es decir, Ramón y yo nos casamos y empecé a trabajar en la granja.

Llevo 17 años, empecé con todo lo referente a la genética y a día de hoy mi cargo es de directora de operaciones, lo cual significa que ayudo a Ramón en todo lo referente a la gestión de la explotación.



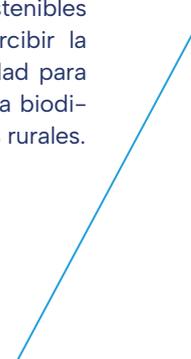
**CONCLUSION
FINALES**



ES

1 /

LA AGROGANADERÍA COMO RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- El acceso a alimentos seguros, nutritivos y en cantidades adecuadas para satisfacer las necesidades nutricionales y preferencias alimentarias es un principio fundamental para la sociedad en su conjunto. La leche y derivados lácteos son alimentos que aportan gran calidad nutricional gracias a su contenido en nutrientes, como proteínas de alto valor biológico (*proteínas completas que contienen todos los aminoácidos esenciales en proporciones adecuadas*), calcio, vitamina D, Vitaminas del grupo B, entre otros. Son nutrientes que están naturalmente presentes en la composición de estos alimentos. Además, hay variedades fermentadas beneficiosas para la microbiota y salud intestinal, como los yogures y leches fermentadas.
 - Es necesario mitigar los impactos generados a lo largo de toda la cadena de valor de los alimentos, a través de modelos de producción sostenibles y regenerativos. La sociedad debe percibir la producción agraria como una oportunidad para combatir el cambio climático, impulsar la biodiversidad y empoderar a las comunidades rurales.
- 

2 /

EL CONSENSO SOCIAL EN TORNO A LA DESCARBONIZACIÓN

- Todas las actividades económicas y humanas generan GEI. La energía es responsable de más de la mitad de las emisiones de GEI, seguida de la producción de alimentos. A pesar de que el sector lácteo presenta emisiones relativamente bajas en comparación con algunos de los sectores más intensivos en emisiones, adoptar un enfoque lógico nos indica que debemos asumir nuestra responsabilidad. Las organizaciones globales valoran la descarbonización de la producción de leche como un desafío que debe abordarse y reconocen los esfuerzos que se están realizando en esta dirección.
- Las tecnologías y la innovación en toda la cadena de valor, desde el manejo del suelo a los cultivos, desde la agricultura regenerativa hasta la alimentación de las vacas o la gestión circular de los residuos, o desde la logística de la recogida hasta la puesta a disposición de los consumidores, son la base de ese proceso de descarbonización.
- Dentro del plan de adaptación climática de España, para el periodo 2021-2030, la ganadería y la alimentación ocupan un rol primordial. Forman parte de las líneas de acción para reducir los riesgos derivados del cambio climático para la seguridad alimentaria.
- La descarbonización de nuestra economía es uno de los pilares esenciales de la sostenibilidad ambiental.
- De cara a abordar un plan de descarbonización es necesario considerar no solo la importancia y esencialidad de los lácteos dentro de la dieta de la población sino también los riesgos de la despoblación rural y la necesidad de asegurar la supervivencia del sector agrario. El crecimiento poblacional conlleva una mayor necesidad de acceso a los alimentos, incluidos los lácteos. Esto puede comportar una presión adicional sobre los recursos naturales, lo que justifica la importancia de implementar prácticas ganaderas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
- El objetivo que se persigue es un balance cero entre las emisiones de GEI a la atmósfera y el secuestro de carbono en el suelo, dejando al margen la adquisición de créditos de carbono fuera del sector.
- El 83,3% de los titulares de las explotaciones tienen entre 55-70 años. El ritmo de desaparición de explotaciones con vacas de leche seguirá siendo elevado en los próximos años, especialmente en las de menor dimensión, simplemente por razones demográficas. En este escenario es esencial el relevo generacional en el marco de un plan de sucesiones del sector ganadero de nuestro país, algo que es fundamental para asegurar el futuro de la vida rural y la resiliencia del campo.



3

LAS POLÍTICAS PARA PROMOVER LA DESCARBONIZACIÓN



- En el marco del Acuerdo de París y de la Agenda 2030 muchas instituciones han adoptado políticas de mitigación del cambio climático que incluyen objetivos de neutralidad climática a medio plazo. La Unión Europea, en el marco del Pacto Verde, ha adoptado un conjunto de medidas, aplicadas en toda la cadena de valor de la producción de alimentos.
- Esta transformación se ha de alinear con la futura legislación ambiental, de aplicación a cada uno de los eslabones de la cadena de valor de la industria alimentaria, con foco en la reducción de emisiones GEI y la aplicación de las MTD en la ganadería, la mejora de la eficiencia energética, la reutilización y gestión del agua, la valorización de subproductos, la incorporación de materiales reciclables o la minimización de los residuos. Así como a la legislación en eco etiquetado de los alimentos en base a toda su vida útil.
- Las políticas de mejora de la calidad de los suelos, el reciclaje de nutrientes procedentes del ganado, la agricultura de carbono o la agricultura regenerativa deben formar parte de las estrategias para la reducción de las emisiones de la agricultura.
- La UE ha desarrollado una estrategia para reducir emisiones y promover el secuestro de carbono en el conjunto de la cadena alimentaria. Iniciativas como las de la granja a la mesa, la de contaminación cero, la estrategia de economía circular o el objetivo 55 obligan a los productores y a las industrias a incorporar medidas para mejorar su desempeño ambiental. En esta línea, la transformación del sector ganadero, con el propósito de fortalecer las áreas agrícolas y las comunidades rurales, contempla un plan de acción con iniciativas clave alineadas con estas estrategias:
 - En línea con la Estrategia de la granja a la mesa, se promueve la modificación de materias primas, utilizando soja certificada libre de deforestación, y la adopción de biofertilizantes basados en estiércoles o en digestatos de plantas de biogás. Asimismo, se fomenta la utilización de energía renovable mediante la cogeneración a partir del biogás generado en las explotaciones, y se impulsa la agricultura regenerativa como sumidero de CO₂.
 - La Estrategia de contaminación cero se aborda mediante acciones específicas para reducir la contaminación del aire, agua y suelo. Para ello, se implementan medidas de manejo del ganado y gestión del estiércol, con el fin de disminuir los vertidos, lixiviados y emisiones, contribuyendo así a un entorno más limpio y sostenible.
 - En consonancia con los principios de la economía limpia y circular, se promueve la circularidad en el uso de purines y estiércoles. Esto se logra a través del tratamiento y gestión de purines o estiércoles o la implementación de plantas de biogás en las explotaciones, que no solo gestionan los subproductos de manera eficiente, sino que también generan energía renovable y obtienen subproductos aprovechables para su reutilización.

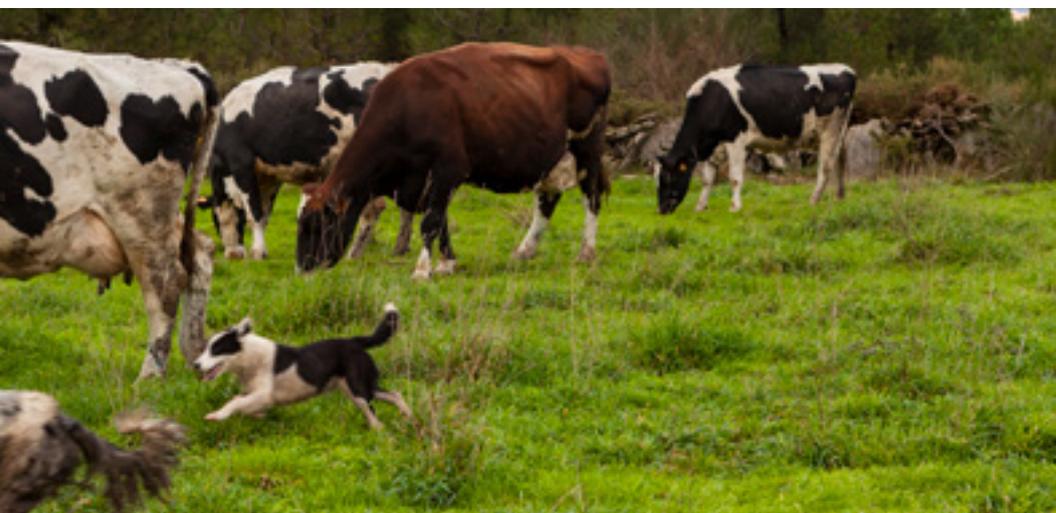
4 /

LA BASE: UNA HERRAMIENTA PARA MEDIR Y COMPARAR

- Cuando una granja quiere desarrollar una estrategia de descarbonización, la primera fase es calcular su huella a partir de la medición de sus emisiones. La metodología para realizar esta medición consiste en contabilizar los impactos ambientales de todo lo que ocurre desde la producción de forrajes y piensos hasta la industria de transformación, e incluso la puesta a disposición del consumidor.
- Hay varias herramientas en el mercado para realizar el cálculo de la huella de carbono, basadas en las guías del IPCC. Son de aplicación dentro de la propia granja, pero tienen muchas limitaciones cuando se quieren utilizar para comparar granjas. Se recomienda desarrollar una herramienta adecuada y adaptada a los modelos de producción específicos españoles, especialmente los más minoritarios y heterogéneos, generalmente basados en menores insumos, como los sistemas extensivos. Para este objetivo:
 - Es necesario armonizar los métodos de cálculo existentes en busca de una homogenización del cálculo que esté alineada con la futura legislación ambiental, la PAC y las estrategias climáticas europeas.
 - La homogenización de las bases metodológicas y los modelos deberán integrar la cuantificación del impacto derivado del empleo de técnicas de agricultura regenerativa. Estas técnicas permiten el incremento de la materia orgánica del suelo y, por ende, la absorción de CO², contribuyendo a compensar las emisiones derivadas de la ganadería dentro del propio ecosistema donde operan.
- Si queremos comparar las huellas ambientales de diferentes alimentos de manera precisa, es necesario expresar su valor en función de unidades comparables. Aunque comúnmente se expresa por Kg de producto, esta medida no tiene en cuenta ni la cantidad ni la calidad de los nutrientes que contienen dichos alimentos. Para lograr una comparación adecuada, es imprescindible considerar las densidades nutricionales de cada grupo de alimentos.



Si queremos comparar las huellas ambientales de diferentes alimentos de manera precisa, es necesario expresar su valor en función de unidades comparables

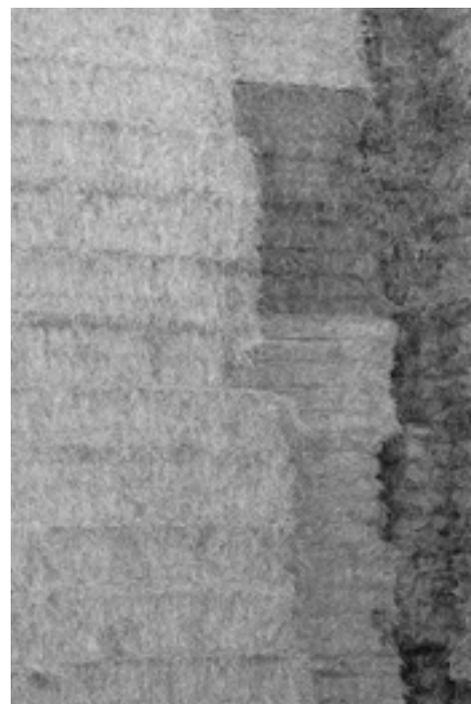


— Es importante reconocer la necesidad de que el cálculo de la huella de carbono se base en elementos estandarizados para garantizar una mayor precisión y comparabilidad. Es esencial que ese cálculo sea referido a un nutriente específico, como kg de proteína o kg de aminoácidos absorbibles en el aparato digestivo. Esto permitirá una evaluación más precisa y justa de los impactos ambientales asociados a la producción y consumo de diferentes alimentos, y debería ser considerando las huellas ambientales de producto que propone la UE.

— Dentro de las emisiones de CO² vinculadas a las fuentes de proteína más comunes, la proteína de la leche de vaca, utilizada en la producción de postres lácteos y otros alimentos, destaca por tener un menor impacto en CO² en comparación con otras fuentes de proteína de origen animal. De hecho, se sitúa muy próxima a las bajas emisiones de la proteína vegetal. Esta característica resalta la importancia de considerar la producción de proteína láctea como una opción más sostenible en términos de emisiones de carbono dentro del conjunto de fuentes proteicas disponibles.

5 /

LA ALIMENTACIÓN DE LAS VACAS ES UN ELEMENTO CLAVE EN EL PROCESO DE DESCARBONIZACIÓN



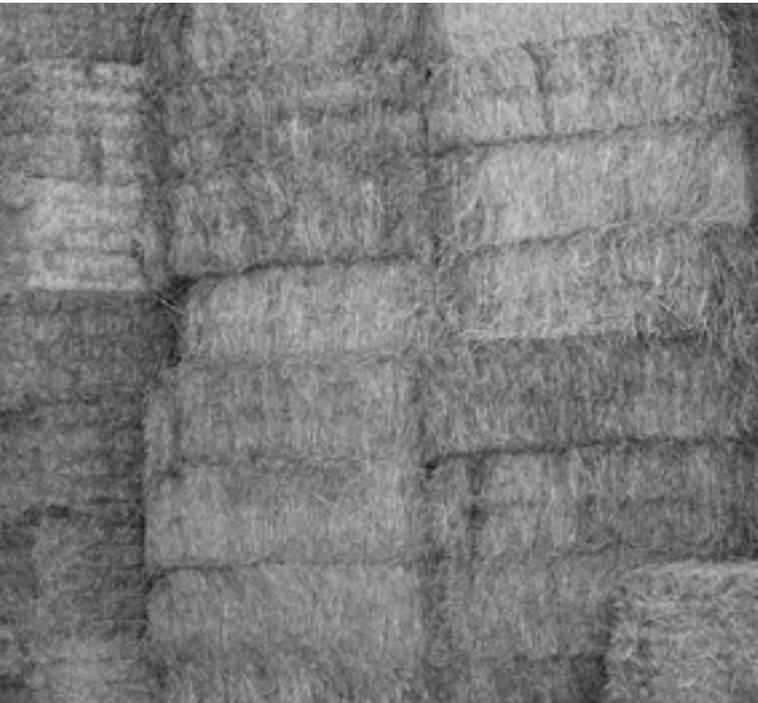
— La alimentación es una de las principales fuentes de emisiones de GEI en explotaciones de vacuno lechero, tanto por las emisiones de metano entérico, como por el nitrógeno excretado en las deyecciones, que provoca emisiones de amoníaco y óxido nitroso, así como por las emisiones indirectas asociadas a la producción del alimento.

Las posibilidades de actuación son:

- Aumentar el plano de alimentación, que reduce las emisiones tanto por kg de alimento como por kg de leche.
- Mejorar la digestibilidad de la dieta:
 - **Mejorando** la calidad del forraje suministrado mediante diferentes estrategias como la incorporación de leguminosas, la recolección temprana del forraje, o la correcta henificación.
 - **Aumentando** la proporción de concentrado de la ración.
 - **Procesando** el alimento, picando o tratando el forraje o chafando o moliendo el pienso.
- Ajustar los niveles de proteína a las necesidades de cada una de las fases productivas, analizando periódicamente los alimentos, para suministrar una ración equilibrada en nitrógeno y fósforo.
- Reemplazar las fuentes de proteína importada como la soja por fuentes de proteína local o regional como las habas, altramuces, alfalfa, guisante, colza, girasol o trébol permite reducir las emisiones indirectas, o la utilización de soja proveniente de cultivos certificados de libre deforestación.
- Aprovechar los subproductos agroindustriales, disponibles y cercanos a la explotación.

— En los últimos años, se han buscado aditivos que reduzcan las emisiones de metano en la producción lechera. Estos deben ser aprobados por la EFSA tras pruebas experimentales que garanticen que son seguros. Es fundamental que sean considerados aditivos zootécnicos para eficacia y seguridad en reducción de metano en ganado lechero.

- El 3-NOP está disponible para su uso en la Unión Europea (Bovaer® DSM) tras la aprobación por EFSA y registro oficial como aditivo zootécnico. A la dosis recomendada (60–80 mg 3-NOP/kg MS), se ha obtenido una reducción del 29% en las emisiones de metano en el ganado lechero
- Las algas rojas del género *Asparagopsis* también han demostrado ser efectivas en la reducción de las emisiones de metano, con una efectividad entre el 43% y el 80%. Sin embargo, su uso actualmente se encuentra en la categoría de ingrediente y aún no cuenta con la consideración de aditivo zootécnico.



— El triángulo animal/planta/suelo es esencial en el proceso de descarbonización del sector lácteo. En este contexto:

- La optimización de la ración y la eficiencia de su utilización reduce las emisiones de GEI y aumenta la productividad
- Los pastos y forrajes, cuando se gestionan correctamente, incorporando leguminosas y cultivos secuestrantes multiespecie, en una rotación adecuada de cultivos forrajeros, contribuyen a minimizar las emisiones.
- El suelo de los pastos y cultivos, fertilizado adecuadamente con materia orgánica, purines y estiércoles, retiene carbono y evita lixiviación de nutrientes, reduciendo las huellas ambientales de los productos finales, especialmente la de carbono.

— Donde las condiciones agroclimáticas lo permitan, la extensión del pastoreo puede ejercer un impacto significativo en la reducción de las emisiones. Aumentar el tiempo de permanencia en los pastos, ya sea para todos los animales o parte de ellos, contribuye a reducir las emisiones de GEI y otras huellas ambientales.

6 /

EL MANEJO DEL GANADO Y LA GESTIÓN DE LA GRANJA

- La mejora de la productividad es un factor absolutamente fundamental para abordar con éxito la descarbonización del sector lácteo. A lo largo de más de seis décadas, se ha logrado una reducción del 63% en las emisiones equivalentes de CO² por kg de leche producida, lo que demuestra que estamos avanzando en la dirección correcta. Influyen en esta mejora los resultados productivos y reproductivos, con especial atención a la eficiencia en el uso de los alimentos.
- El incremento en el nivel de bienestar animal, considerando el entorno, el espacio y el manejo general, tienden a correlacionarse con una mayor cantidad de producto por la misma o menor cantidad de alimento, así como una mejora de la eficiencia reproductiva.



- La energía utilizada en la granja también contribuye a las emisiones de GEI. Por ello, se recomienda:
 - Mejorar la eficiencia en el uso de la energía en el control ambiental, la gestión del estiércol y la alimentación.
 - Implantar, en su caso, instalaciones para la generación de energías renovables, cuando sea abordable económicamente (biometano, fotovoltaica, mini-eólica).
 - Cogeneración de electricidad a partir de biogás generado en digestores anaeróbicos.

7 /

ESTIÉRCOLES, PURINES, ECONOMÍA CIRCULAR Y AGRICULTURA REGENERATIVA



— La correcta gestión de las deyecciones en granja es otra gran oportunidad para avanzar en la descarbonización del sector del vacuno lechero:

- En los casos de uso de camas, calientes o frías, se recomienda mantenerlas lo más secas posible, con adición de paja seca o con volteos.
- Las fosas y balsas de purín deben estar cubiertas, preferiblemente con materiales impermeables, y en cualquier caso con la costra.
- Los estercoleros deben estar impermeabilizados y cubiertos, recomendándose también cubrir la pila del estiércol.

— La integración de la actividad ganadera y agrícola es fundamental para garantizar la circularidad de los nutrientes y avanzar hacia la descarbonización. Para ello, es recomendable:

- Diseñar planes de abonado que utilicen estos biofertilizantes de forma racional y eficiente.
- Caracterizar los purines y estiércoles, antes de su aplicación, para ajustar las dosis a la extracción de nutrientes de cada cultivo.
- Diseñar una estrategia para promover el secuestro de materia orgánica en los suelos, además de fertilizar.
- Aplicación de los purines con tubos colgantes o mediante inyección; tanto estos como los estiércoles deben ser enterrados en las horas inmediatas a su aplicación al campo.



- La utilización de los subproductos de las plantas de biogás como fertilizante orgánico aplicable a los cultivos cierra el círculo de la valorización sostenible de los estiércoles y purines.

- La agricultura regenerativa entendida como un conjunto de prácticas agrarias que utiliza la conservación del suelo como punto de partida para regenerar y contribuir a la producción de alimentos y otros servicios ecosistémicos, sin menoscabo de la rentabilidad de las explotaciones, utilizando como base las prácticas de la agricultura de conservación y la utilización de los estiércoles y purines como fertilizantes, es una oportunidad para avanzar en la descarbonización del sector lácteo.

- El secuestro de carbono en el suelo agrario es una de las mejores opciones que tiene el sector para la mitigación del cambio climático. El sector lácteo tiene la oportunidad de:
 - Conseguir el efecto sumidero del suelo en el que aplica los estiércoles y purines desarrollando estrategias para que ese carbono retenido se mantenga en el tiempo.

 - Utilizar las prácticas de agricultura de conservación, tales como reducir la perturbación del suelo, mediante técnicas de no laboreo, mantener una cobertura vegetal, introducir rotaciones y combinaciones de cultivos, optimizar la utilización de los insumos agrícolas con la incorporación de fertilizantes orgánicos e integrar el manejo del ganado con pastoreo controlado.

8 /

EL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO DEL SECTOR PRODUCTOR EN ESPAÑA

- Los ganaderos deben valorar la transición hacia modelos resilientes y sostenibles como una oportunidad para su desarrollo y competitividad empresarial, y no como una imposición.
- La transición hacia un modelo de ganadería sostenible y resiliente requiere una cooperación sólida entre gobiernos y empresas. Esta colaboración debe reflejarse en la provisión de apoyo financiero, inversiones, financiación, etc. Esta asociación estratégica desempeñará un papel fundamental y decisivo en el éxito de esta transformación.
- El número de explotaciones de vacuno de leche en España está disminuyendo y, a la vez, se incrementa el tamaño medio de los rebaños. En este proceso se intensifican los procesos productivos y se reduce la superficie forrajera por animal. Hay un porcentaje elevado de propietarios con edades avanzadas, particularmente en las explotaciones de menor dimensión. La presencia de la mujer en el sector es residual y debe ser impulsada.
- La ganadería y las explotaciones familiares contribuyen a retener personas, actividad económica y servicios en el medio rural. Su papel es esencial en la construcción de tejido social y la vertebración del territorio. La descarbonización y las nuevas estrategias de ganadería regenerativa, resiliente al cambio climático, son una vía para promover el arraigo de las personas al medio.
- El relevo generacional en el vacuno de leche es uno de los retos más importantes a los que se enfrenta el sector. Además de las dificultades generales, como acceso a la tierra, capital y mercado, género, sistemas de asesoramiento y apoyo, el papel de las autoridades, la valoración social o incorporación de nuevas generaciones ajenas al sector, hay cuestiones específicas de la producción lechera. Entre ellas se reconoce la relación, los lazos y comunicación familiar, la planificación del relevo y la formación y empoderamiento de los sucesores, la planificación de las tareas, la gestión empresarial y de los recursos humanos y el apoyo en los asuntos legales, jurídicos y fiscales.
- La producción de leche ha aumentado en los últimos diez años, lo que ha contribuido a reducir el déficit existente y las importaciones. Se va concentrando en explotaciones muy especializadas que incrementan su intensificación. Los precios hasta 2021 han tendido a la baja cuando se comparan con los costes de los insumos.
- La cadena de valor está poco organizada, siendo dependiente de las decisiones de la administración pública. La sostenibilidad futura tiene mucha dependencia de los costes de producción.

9 /

LA OPINIÓN DE LOS ACTORES PRINCIPALES: LOS GANADEROS Y GANADERAS

- Ellos y ellas son conscientes de que para mantener la actividad de producción de leche deben avanzar hacia la sostenibilidad. Por ello, todas las personas entrevistadas siguen avanzando en productividad por vaca y, a la vez, incorporando medidas de diverso tipo, para reducir las huellas ambientales.
- Con respecto a la utilización de inhibidores de la producción de metano, les preocupa su posiblemente elevado precio y se hace referencia a subvenciones.
- Todas las granjas consultadas han trazado estrategias específicas de reducción de emisiones, ya sea basada en la economía circular, la mejora de los pastos y forrajes como estrategia de autoabastecimiento, secuestro de carbono y reducción de impactos, e incluso un avance hacia la agricultura regenerativa.
- Hay una cierta preocupación por la rapidez con la que parece que se quiere implantar una legislación ambiental rigurosa, y plantean la dificultad, técnica y financiera, para adaptar las granjas a las nuevas exigencias.



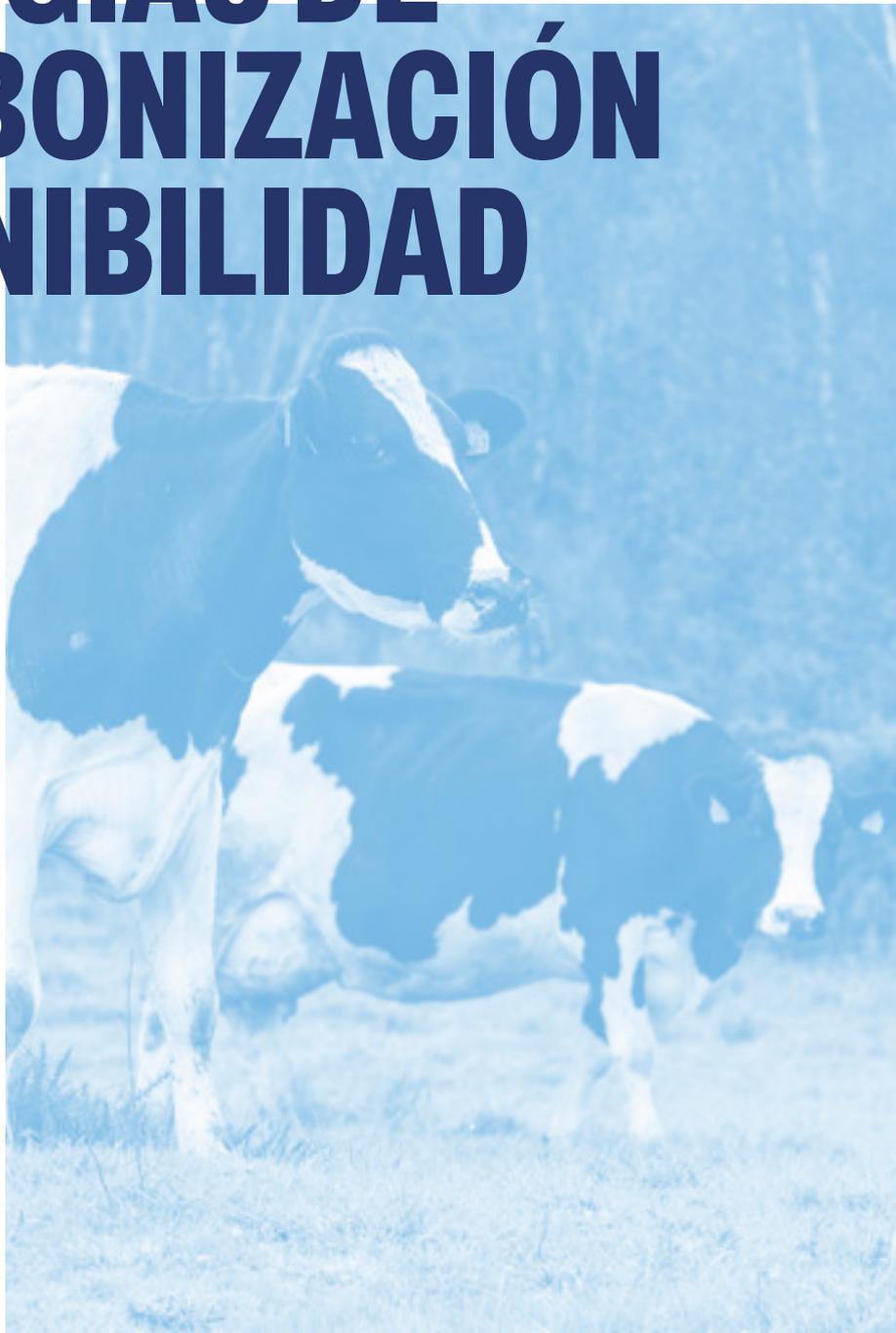
***Siguen avanzando
en la mejora de la
productividad por vaca
y, a la vez, incorporando
medidas para reducir las
huellas ambientales***



10 / LA OPORTUNIDAD DE LA **TRANSFORMACIÓN DIGITAL**

- El desarrollo de sensores para la captura de datos en granja y las tecnologías de comunicación facilitan el control de los factores que influyen en las emisiones de GEI
- Las herramientas de apoyo a la toma de decisión en materia de sostenibilidad ayudan a los ganaderos a tomar las decisiones adecuadas ante cualquier desviación en los objetivos.
- La innovación asociada a la transformación digital debe ser una palanca para avanzar en la descarbonización del sector lácteo español.

CUADRO RESUMEN DE LAS ESTRATEGIAS DE DESCARBONIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD



MEDIDAS GENERALES

1/

Dotar a los ganaderos y ganaderas de recursos y apoyo financiero, formación, soporte técnico y administrativo, subvenciones y subsidios.

2/

Cuantificar las emisiones de GEI usando metodologías homogéneas y armonizadas, adecuadas para esta finalidad, por ejemplo: Cool Farm Tool, Simsdairy, Nutgranja 2.0, entre otras.

3/

Uso adecuado de **unidades de referencia**, teniendo en cuenta el aporte nutricional y disponibilidad de los nutrientes.

4/

Promover la incorporación de jóvenes en el sector ganadero.

5/

Integrar prácticas de agricultura regenerativa en los cultivos.

6/

Impulsar los sistemas basados en producción de forrajes, desarrollo de economía circular y regenerativa, y pastoreo, que suponen beneficios ambientales.

7/

Referir el **cálculo de huella de carbono a ciertos nutrientes que aporta el alimento**, como kg de proteína o kg de aminoácidos absorbibles en el aparato digestivo. La evaluación de los impactos será más precisa y justa de los impactos ambientales asociados a la producción y consumo de diferentes alimentos.

ALIMENTACIÓN

AUMENTAR EL PLANO DE ALIMENTACIÓN

Incrementar la cantidad de alimento ingerido, para un menor tiempo de retención ruminal.



AJUSTAR LOS NIVELES DE PROTEÍNA DE LA DIETA

Correcta estimación de las necesidades nutricionales en cada etapa productiva

Frecuente análisis del alimento + ración balanceada

+ concentración de proteínas para animales jóvenes y altamente productivos

Dietas bajas en proteína con suplemento de carbohidratos fácilmente fermentables o con aminoácidos esenciales



MEJORAR LA CALIDAD DEL FORRAJE

Uso de leguminosas forrajeras

Correcto manejo del pasto y pastoreo

Cuidada elección de las especies forrajeras

Adecuada formulación de la dieta

Recolección del forraje en una etapa de temprana de madurez

Fertilización nitrogenada

Correcto proceso de henificación evitando lluvias y almacenaje bajo cubierta o con envoltura en plástico

Utilización de aditivos de ensilaje

Correcto sellado del silo



AUMENTAR LA PROPORCIÓN DE CONCENTRADO

Incrementar el uso de concentrado + nivel de forraje que garantice una correcta fisiología ruminal.



PROCESADO DEL ALIMENTO

Picado del forraje

Tratamiento de paja y forrajes con urea o amonio

Chafado, molienda o extrusión para el procesado de granos de cereal



UTILIZACIÓN DE FUENTES DE PROTEÍNAS LOCALES

Uso de habas, altramuces, alfalfa, guisante, colza, girasol o trébol

Materias primas procedentes de cultivos próximos y de producción sostenible (agricultura regenerativa o agroecológica, soja certificada libre de deforestación, evitar cultivos irrigados de regiones con escasez de agua)



UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Los derivados de la:

Industria olivarera

Producción de zumo

Industria cerveza

Destilería

Restos de podas y frutales

Agricultura de invernadero



SUPLEMENTACIÓN CON LÍPIDOS U OLEAGINOSAS

Aceites de palma y de girasol

De algodón

De colza

Se recomienda que la suplementación con lípidos y aceites sea en torno al 3-5% de la materia seca de la dieta



ALIMENTACIÓN DE PRECISIÓN

Uso de raciones individualizadas

Restricción alimentaria controlada en aquellas vacas poco productivas



INHIBIDORES DEL METANO ENTÉRICO

Aceites esenciales

Taninos y saponinas

Sumideros alternativos de hidrógeno:
Nitratos

Inhibidores de las arqueas metanogénicas:
3 nitrooxypropanol,
Algas del género Asparagopsis



USO DE ADITIVOS QUE REDUZCAN EL NITRÓGENO EXCRETADO Y/O VOLATILIZADO

Probióticos

Enzimas

Taninos y saponinas



USO DE ADITIVOS Y PROBIÓTICOS QUE ACTÚAN SOBRE EL DESARROLLO RUMINAL

Probióticos

Aceites esenciales

Taninos y saponinas



- Reducción de emisiones >25%
- Reducción de emisiones entre 10 y 25%
- Reducción de emisiones <10%
- Conlleva mejoras en otros impactos
- No hay interacción con otros impactos
- Implica empeorar otros impactos

El cuadro resumen se ha basado en las opiniones y referencias bibliográficas de los autores, así como la información aportada por Rosenbaum, R.

MANEJO DE LOS ANIMALES

SELECCIÓN GENÉTICA

Animales con mayor eficiencia

Animales más fértiles, intervalos entre partos óptimos



AUMENTAR EL BIENESTAR ANIMAL

Disminución del estrés social

Mejor confort térmico

Aumento en la supervivencia de las crías



MANEJO DE LA RECRÍA Y LA REPRODUCCIÓN

Aumentar la vida productiva de los animales.

Planificar correctamente las curvas de lactación.



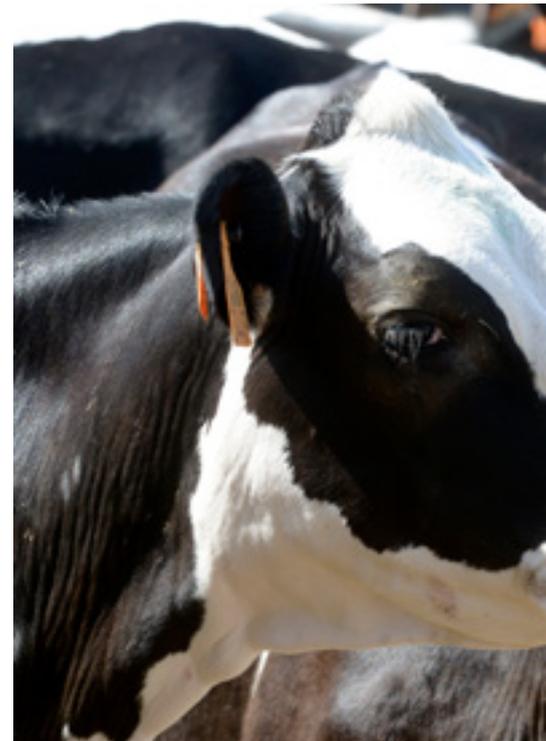
AUMENTAR LONGEVIDAD DE LAS REPRODUCTORAS

Incrementar el número de partos por reproductora



MEJORA DE LA SANIDAD

Prevenir incidencia de enfermedades y lesiones



ALOJAMIENTO, GESTIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DEYECCIONES

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Optimización de procesos

Uso de energías renovables



MEJORA DE LOS ALOJAMIENTOS

Espacio suficiente para el descanso, así como el acceso al alimento y bebida

Superficie sombreada

Sistemas de refrigeración evaporativa

Uso de ventiladores

Mejoras en el diseño de las superficies

Instalación de sistemas de tratamiento de gases



GESTIÓN DE DEYECCIONES EN LOS ALOJAMIENTOS

Cama compostante o cama caliente: Deyecciones sólidas + paja o serrín + aireación in situ

Retirada frecuente de las deyecciones del alojamiento

Añadición frecuente de paja

Aumentar la frecuencia de retirada de la cama

Evacuar frecuentemente los purines de las fosas

Intensificar el volteo de la cama

Evitar el almacenamiento de estiércol durante los meses más cálidos

Separación de las heces y la orina en origen



ALMACENAMIENTO DE LAS DEYECCIONES

Dimensionamiento adecuado de las balsas de purines y de los estercoleros

Cubrir las balsas con una cubierta fija o flotante impermeable + sistema de recuperación del gas

Formación de costras naturales

Añadición de cubiertas orgánicas

Conservación del estiércol sobre una superficie de hormigón, o de un suelo compacto e impermeable y usar cubierta

Acidificación de los purines en la fosa

Suplementar las deyecciones con aditivos: sales reguladoras de pH, inhibidores de la ureasa, productos adsorbentes, inmovilización biológica del amonio



TRATAMIENTOS DE LAS DEYECCIONES

Separar la fracción sólida



Compostaje



Digestión anaerobia



Biodigestores para la producción de biogás



Uso de inhibidores: de la nitrificación y de la ureasa.

Secado solar de purines y estiércoles

Bio acidificación: Purines + adición de ácidos orgánicos (inóculos microbianos)



PASTOS Y CULTIVOS

ESTABLECER CORRECTOS PLANES DE FERTILIZACIÓN

Aplicar los fertilizantes y dosis adecuados a los cultivos y pastos



PROLONGAR EL PERÍODO DE PASTOREO

↑ tiempo de pastoreo ↓ pérdidas de nutrientes por el manejo de las deyecciones en granja



USO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Incorporación de enmiendas orgánicas o abonos en verde en el suelo



PRESERVAR LAS SUPERFICIES DE PASTOREO/PASTOREO ROTACIONAL

Aprovechamiento óptimo de pastos y forrajes de calidad



APLICACIÓN DE ESTIÉRCOLES Y PURINES COMO FERTILIZANTE

Enfriamiento

Acidificación

Aireación de los purines

Uso de aditivos: Biochar, productos microbianos

Aplicación del estiércol utilizando sistemas de tubos colgantes

Inyección y aplicación de purines en bandas.

Aplicación de purines diluidos mediante el riego



INTRODUCIR CULTIVOS MULTIESPECIE

Leguminosas forrajeras y

cultivos secuestrantes de C



CULTIVO ASOCIADO DE FAMILIAS BOTÁNICAS

Los cultivos forrajeros mixtos de:

Ggramíneas y leguminosas

Haba con raigrás

Haba con triticales

Guisante con cebada



MEJORAR EL PH DEL SUELO

Realizar encalados



AGRICULTURA REGENERATIVA

Técnicas de no/mínimo laboreo (arado)

Proteger la estructura del suelo

Asegurar la cobertura vegetal

Incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo

Introducir y hacer coexistir especies vegetales y animales en los cultivos (biodiversidad)

Generación de ecosistemas (control natural de plagas)

Rotación de cultivos

Siembra directa en cultivos herbáceos

Cubiertas vegetales en cultivos leñosos



TECNOLOGÍAS EMERGENTES

ELABORACIÓN DE FERTILIZANTES DE LA CATEGORÍA RENURE (NITRÓGENO RECUPERADO DE LAS DEYECCIONES)

Relación C/N <3

Relación N mineral/N total > 90%

SEMBRAR CULTIVOS CAPTADORES PARA RECUPERAR NUTRIENTES EXCEDENTARIOS DEL SUELO

Intercalar un cultivo de crecimiento rápido entre plantaciones sucesivas del cultivo principal

ENERGÍAS RENOVABLES

Sistemas de generación eléctrica, fotovoltaica y/o mini-eólica

Sistemas de producción de biometano



RECO MEN DACIO NES





**LAS 10 CLAVES DE
ÉXITO PARA UNA
TRANSICIÓN
HACIA UN MODELO DE
GRANJAS DE NUEVA
GENERACIÓN**

1

Necesidad de establecer un Plan Estratégico para la descarbonización del sector lácteo.

El sector, y las administraciones, respaldándose en los datos científicos, *pueden promover y divulgar la contribución del sector lácteo*, al igual que cualquier otro sector, a las emisiones y a su reducción. El sector lácteo tiene la oportunidad de *formar parte activa de la solución mediante la implementación de las estrategias aquí propuestas.*

En el marco del Plan, la administración y el sector lácteo deben promover la sensibilización, la educación del consumidor y la información objetiva y veraz.

2

Necesidad de impulsar el desarrollo de una herramienta de medición estandarizada

de la huella de carbono para el sector lácteo en España, en colaboración con la administración, la comunidad científica y los actores del sector. Esta herramienta debe incorporar datos y modelos que permitan una *aplicación y comparación efectiva de todos los modelos de producción*, asegurando una evaluación precisa de las emisiones de GEI y facilitando la adopción de medidas concretas para la reducción de la huella de carbono en toda la cadena de valor. De esta manera se debe incentivar a la medición y comunicación adecuada para evitar prácticas como greenwashing.

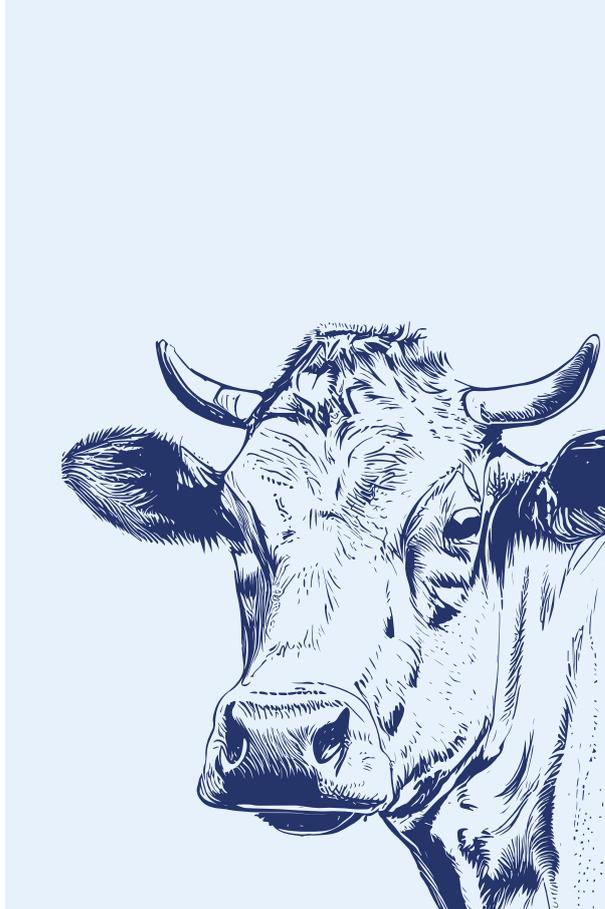
Recomendaciones

Las 10 claves de éxito para una transición hacia un modelo de granjas de nueva generación

3

Importancia de la coherencia y el trabajo conjunto, considerando una visión cruzada del impacto ambiental y aporte nutricional de los alimentos.

La *comparación entre alimentos debe basarse en criterios objetivos*, por lo que no se puede criticar a un sector sin fundamentos científicos. Por otra parte, es preciso alinear y coordinar a todos los actores interesados en el sector lácteo, para buscar el trabajo conjunto en el proceso de transición a la sostenibilidad, *incluyendo, cuando sea necesario, una normativa que reconozca, objetivamente, el esfuerzo y la contribución a la mitigación del cambio climático realizado dentro de la propia cadena de valor*. Esta colaboración también puede influir en guiar a la sociedad hacia un consumo responsable, sostenible y saludable, al considerar la interrelación entre el impacto ambiental y el valor nutricional de los alimentos.



4

Recomendación de adecuar las estrategias de alimentación del ganado.

Es crucial adoptar estrategias en la alimentación que impulsen activamente la descarbonización del sector. Entre las medidas clave se encuentran la *mejora de la digestibilidad de la dieta* mediante ajustes en los niveles de proteína, la optimización de la calidad del forraje y el procesamiento adecuado de los alimentos. Asimismo, es esencial *incorporar fuentes de proteína locales y aprovechar los subproductos provenientes de la industria alimentaria*. No menos importante es el *uso de soja certificada, de libre de deforestación*, como un recurso fundamental para abordar el cambio climático. *La utilización de aditivos* en la dieta de los animales, con la capacidad de inhibir la producción de metano entérico, reducir las excreciones de nitrógeno y mejorar el desarrollo ruminal, es esencial para lograr la transición hacia una alimentación más sostenible.

5

Conveniencia de impulsar palancas estratégicas para la descarbonización del sector.

Mejorar el bienestar y la salud de los animales y la selección genética, gestionar adecuadamente los estiércoles e incentivar prácticas de agricultura regenerativa. Se busca mejorar la eficiencia productiva mediante herramientas digitales para controlar la salud del ganado y la genética. Es esencial reducir emisiones en el alojamiento de animales optimizando espacios y acceso a alimentos. La gestión de estiércoles y purines como biofertilizantes es importante, aplicando técnicas como compostaje y digestión anaerobia. Promover prácticas agrícolas sostenibles relacionadas con la producción lechera implica mejorar la calidad del suelo, conservar áreas de pastoreo y favorecer el uso de fertilizantes orgánicos para nutrir cultivos y pastos considerando el secuestro de carbono y la salud del suelo.

6

Necesidad de fomento y subvención del uso de aditivos.

Resulta imprescindible abordar el desafío del alto coste de estos aditivos para garantizar su viabilidad comercial en el sector ganadero. Durante una etapa inicial, mientras se desarrollan alternativas más accesibles, es crucial ***impulsar y subvencionar su implementación y apoyo a aquellos que opten por utilizarlos.*** De esta forma, avanzaremos efectivamente en la reducción de emisiones y promoveremos una producción ganadera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.



Recomendaciones

Las 10 claves de éxito para una transición hacia un modelo de granjas de nueva generación

7

Conveniencia de vincular esta transformación a un plan de eficiencia energética y la generación de energía renovable en la producción láctea.

como estrategia clave para reducir el impacto ambiental. Para ello, es importante *aprovechar tecnologías innovadoras y adoptar fuentes de energía renovable en los procesos de producción*. El impulso a *la producción de biogás en las explotaciones de vacuno lechero es una alternativa sostenible*, especialmente en el contexto de la actual crisis energética. Además, es el momento de regular *el uso de los certificados de garantías de origen verde*, para que los esfuerzos y las inversiones del sector lácteo se traduzcan directamente en la reducción de su huella de carbono.

8

Necesidad de promover la innovación y desarrollo tecnológico en toda la cadena de valor láctea,

como estrategia para avanzar hacia una producción más sostenible. Es *fundamental impulsar la investigación y la innovación tecnológica dirigida a reducir las emisiones y promover y medir el secuestro de carbono en todo el proceso productivo*. Las tecnologías relacionadas con la alimentación y el manejo de los animales, las instalaciones, la gestión y tratamiento de las deyecciones y la producción de biofertilizantes que garanticen la recuperación integral de los nutrientes y los cultivos captadores de carbono y mejoradores de la calidad del suelo deben ser promovidas.

9

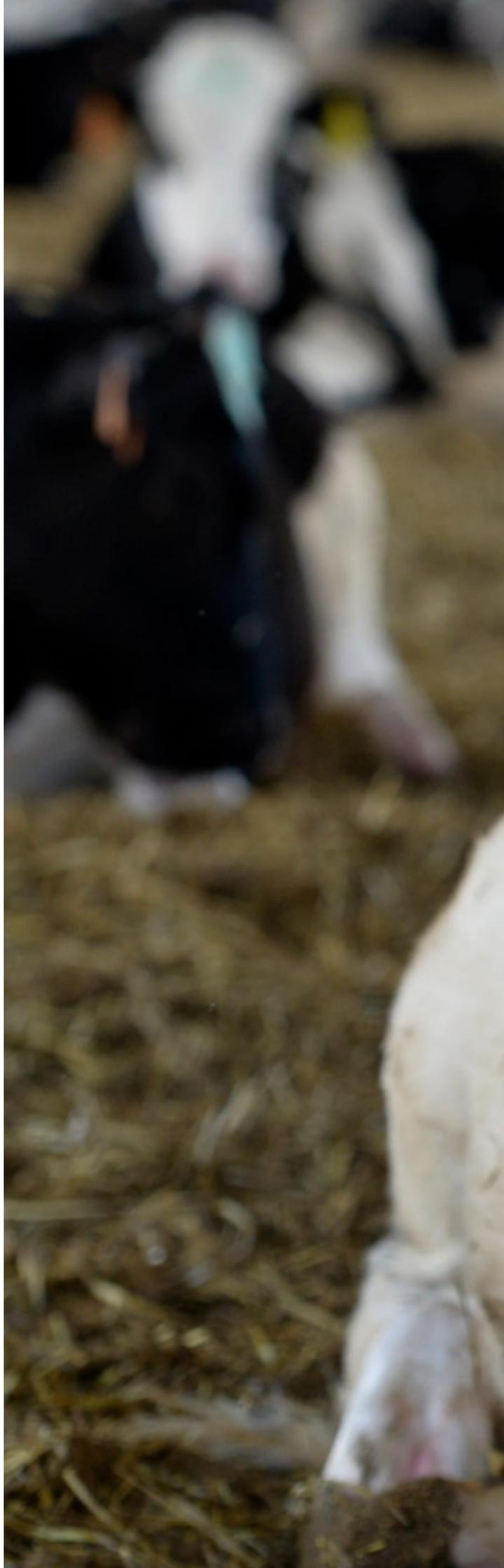
Obligación de impulsar y facilitar el relevo generacional en el sector lácteo.

Un sector lácteo más sostenible y digitalizado resulta atractivo para las nuevas generaciones. Sin embargo, es fundamental *dotar programas de formación y empoderamiento para los sucesores, garantizando así un futuro sostenible para las próximas generaciones y asegurando la continuidad de una producción láctea* comprometida con el medio ambiente.

10

Necesidad de acompañar la transición del sector lácteo con instrumentos financieros y fiscales.

El proceso de transformación del modelo productivo del sector lácteo requiere *tiempo e instrumentos que faciliten a los productores la inversión en nuevas tecnologías* que hagan posible el cambio.





ES
0617 0228
4165

21-715
1146
HUSSON
ES
0617 0228
4165

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 1

FAO, 2023. Informe mundial sobre las crisis alimentarias: En 2022, el número de personas en situación de inseguridad alimentaria aguda aumentó hasta los 258 millones en 58 países.

<https://www.fao.org/newsroom/detail/global-report-on-food-crisis-GRFC-2023-GNAFC-fao-wfp-unicef-ifpri/es>

(Acceso Junio 2023)

FAO. El papel de ganado en el cambio climático y en la contaminación atmosférica.

<https://www.fao.org/3/a0701s/a0701s03.pdf>

(Acceso Junio 2023)

MITECO, 2023. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/default.aspx#:~:text=Tiene%20como%20principal%20objetivo%20evitar,an%C3%A1lisis%20reflexivo%20y%20participaci%C3%B3n%20p%C3%BAblica>

(Acceso Junio 2023)

Prenafeta Francesc y Fernández Belén (2022).

Estudio sobre los gases de efecto invernadero en el sector lácteo. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària IRTA y Organización Interprofesional Láctea INLAC.

Naciones Unidas, 2023. El Acuerdo de París.

<https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

(Acceso Junio 2023)

United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition (2021). Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Nairobi: United Nations Environment Programme.

<https://www.globalmethanehub.org/>

UNEP. Evaluación Global de Metano 2030: informe de referencia. 2022.

<https://www.unep.org/es/resources/informe/evaluacion-global-de-metano-2030-informe-de-referencia>

(Acceso Junio 2023)

Capítulo 2

GARCIA, E.; GARCÍA, A.I.; VÁZQUEZ, I. (2019): "Situación productiva reciente de las explotaciones con bovino en España: el caso de la Cornisa Cantá-

bria"; en *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 19 (2); pp. 95-113.

MAPA (2023):

Informe declaraciones de entregas de leche cruda a los primeros compradores. Abril 2023. Madrid, SGT-MAPA.

SINEIRO, F.; LÓPEZ, E.; SANTISO, J.; VALDÊS, B. (2011): *Evaluation of CAP measures applied to the dairy sector. Case study report on Spain.* IDEGA-Directorate General for Agriculture and Rural Development.

VALDÊS, B.; VÁZQUEZ, I. (2022),

"Estructura productiva y socioeconómica de las explotaciones de vacuno de leche", en LÓPEZ, E.; LAINEZ, M., coord.: *El sector lácteo en España*, Almería, Cajamar Caja Rural, pp. 93-109.

Capítulo 3

BEDCA, (2023). Base de Datos Española de Composición de Alimentos publicada por la Red BEDCA del Ministerio de Ciencia e Innovación

<https://www.bedca.net/bdpub/>

(Acceso Junio 2023)

Clark, M., Sprigmann, M., Rayner, M., Harrington, R. 2022. Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. *Environmental Science*, 119 (33) e2120584119 doi: 10.1073/pnas.2120584119

Eurobarómetro 2021.

<https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2273>

(Acceso Junio 2023)

FAO. 2021. Integration of environment and nutrition in life cycle assessment of food items: opportunities and challenges. Rome, FAO.

FAO, 2022. Greenhouse gas emissions from agrifood systems. Global, regional, and country trends, 2000-2020. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 50. Rome, FAO.

Poore, J., Nemecek, T. 2018. Reducing Food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360, 987-992

Políticas de la UE.

<https://www.consilium.europa.eu/es/policies>

(Acceso Junio 2023)

Laca, A., Gómez, N., Laca, A, Díaz, M. 2020. Overview on GHG emissions of raw milk production and a com-

parison of milk and cheese carbon footprints of two different systems from northern Spain, *Environmental Science and Pollution. Research*, 27, 1650–1666, doi: 10.1007/s11356-019-06857-6

Capítulo 4

Del Prado A, Pardo G, Batalla I, Manzano P. 2022. "La huella ambiental de la producción lechera española en el contexto internacional" del libro "Sector lácteo en España". Capítulo 17. MONOGRAFÍA CAJAMAR. <https://vacapinta.com/media/files/fichero/monografias-44-sector-lacteo.pdf>

Del Prado A, Pardo G, Batalla I, Manzano P. 2021. "El análisis del ciclo de vida en las actividades ganaderas del libro "Sostenibilidad en la Producción Ganadera". MONOGRAFÍA CAJAMAR. https://publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/series-tematicas/informes-coyuntura-monografias/monograf-43-sostenibilidad_ganadera_w.pdf

Del Prado A., Baucells J. Casasús I. and Fondevila M. 2019. Bovino: Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo. Publisher: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 906 págs. ISBN: NIPO: 003-19-237-4 (papel) NIPO: 003-19238-X (línea) Depósito Legal: M-37409-2019 <https://bit.ly/2B3ADtd>

Del Prado, A., Corré WJ, Gallejones. P., Pardo, G., Pinto M, del Hierro O. and Oenema O. 2016. NUTGRAN-JA 2.0: a simple mass balance model to explore the effects of different management strategies on nitrogen and greenhouse gases losses and soil phosphorus changes in dairy farms. *Mitigation And Adaptation Strategies For Global Change*. 21(7), 1145–1164 DOI (10.1007/s11027-014-9598-8).

Del Prado A, Mas K, Pardo G., Gallejones. P. 2013. Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain. *Science of The Total Environment*. 465, 156–165. 7/173

Gavrilova O., Leip A., Dong H., MacDonald D.J, Gomez-Bravo C.A., Amon B., Barahona-Rosales R., Del Prado A., De Lima M. A., Oyhantcabal W., Van der Werden T and Widiawati Y. 2019. Emissions from livestock and manure management. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories. IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, pp. 10.1–10.225. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_

[Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf](#)

Jebari, A., Álvaro-Fuentes, J., Pardo, G., Batalla, I., Martín, J. A. R., & Del Prado, A. (2022). Effect of dairy cattle production systems on sustaining soil organic carbon storage in grasslands of northern Spain. *Regional Environmental Change*, 22(2), 67

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992.

Yañez-Ruiz D. 2019. Ovino: Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo. Publisher: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 274 págs. ISBN: NIPO: 003-19-237-4 (papel) NIPO: 003-19238-X (línea) Depósito Legal: M-37409-2019 https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/ganaderia-y-medio-ambiente/baseszootecnicasparaelcalculodelbalancealimentariodenitrogenoyfosforoenovino_tcm30-537002.pdf

Capítulo 5

Del Prado A, Pardo G, Batalla I, Manzano P. 2022. "La huella ambiental de la producción lechera española en el contexto internacional" del libro "Sector lácteo en España". Capítulo 17. MONOGRAFÍA CAJAMAR. <https://vacapinta.com/media/files/fichero/monografias-44-sector-lacteo.pdf>

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Batalla, I., & Mancilla-Leytón, J. M. (2019). Carbon footprint of dairy goat production systems: A comparison of three contrasting grazing levels in the Sierra de Grazalema Natural Park (Southern Spain). *Journal of environmental management*, 232, 993–998

Mas, K., Pardo, G., Galán, E., & del Prado, A. (2016). Assessing dairy farm sustainability using whole-farm modelling and life cycle analysis. *Advances in Animal Biosciences*, 7(3), 259–260.

McLaren, S., Berardy, A., Henderson, A., Holden, N., Huppertz, T., Jolliet, O., ... & Rugani, B. (2021). Integration of environment and nutrition in life cycle assessment of food items: opportunities and challenges. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb8054en>

McAuliffe, G. A., Takahashi, T., Lee, M. R. F., Jebari, A., Cardenas, L., Kumar, A., ... & Collins, A. L. (2023). A commentary on key methodological developments related to nutritional life cycle assessment (nLCA)

generated throughout a 6-year strategic scientific programme. Food and Energy Security, e480.

Pardo, G., del Prado, A., Fernandez-Alvarez, J., Yanez-Ruiz, D. R., & Belanche, A. (2022). Influence of precision livestock farming on the environmental performance of intensive dairy goat farms. *Journal of Cleaner Production*, 351, 131518.

Walther, B., Guggisberg, D., Badertscher, R., Egger, L., Portmann, R., Dubois, S., ... & Rezzi, S. (2022). Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Frontiers in nutrition*, 9, 2645.

Capítulo 6

Costantino, A., Calvet, S., Fabrizio, E. (2023). The Use of Renewable Energy Sources as a Driver to Reduce the Carbon Footprint of the Livestock Sector. In: Bartzanas, T. (eds) *Technology for Environmentally Friendly Livestock Production*. Smart Animal Production. Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-19730-7_9

Kupper, T., Häni, C., Neftel, A., Kincaid, C., Bühler, M., Amon, B., and VanderZaag, A. (2020). Ammonia and Greenhouse Gas Emissions from Slurry Storage – A Review'. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 300: 106963.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106963>

Pardo, G., Moral, R., Aguilera, E., del Prado, A., (2015). Gaseous emissions from management of solid waste: a systematic review. *Glob. Change Biol.* 21, 1313–1327.

<https://doi.org/10.1111/gcb.12806>

Capítulo 7

Andeweg, K., and A. Reisinger. 2015. Reducing Greenhouse Gas Emissions from Livestock: Best Practice and Emerging Options.

Arndt, C., A.N. Hristov, W.J. Price, et al., 2022. Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050. *PNAS*. 119:e2111294119.

Arriaga, H., G. Salcedo, L. Martínez-Suller, S. Calsamiglia, and P. Merino. 2010. Effect of dietary crude protein modification on ammonia and nitrous oxide concentration on a tie-stall dairy barn floor. *J. Dairy Sci.* 93:3158–

Belanche, A., M. Doreau, J.E. Edwards, J.M. Moorby, E. Pinloche, and C.J. Newbold. 2012. Shifts in the Rumen Microbiota Due to the Type of Carbohydrate and Level of Protein Ingested by Dairy Cattle Are Associated with Changes in Rumen Fermentation. *J. Nutr.* 142:1684–1692.

De Boer, H.C., M.M. van Krimpen, H. Blonk, and M. Tyszler. 2014. Replacement of soybean meal in compound feed by European protein sources. *Livest. Res. Rep.* 819 47.

Bonesmo, H., A.O. Skjelvåg, H. Henry Janzen, O. Klakegg, and O.E. Tveito. 2012. Greenhouse gas emission intensities and economic efficiency in crop production: A systems analysis of 95 farms. *Agric. Syst.* 110:142–151.

Cambra-López, M., P. Garcia Rebollar, F. Estellés, and A. Torres. 2008. Estimación de las emisiones de los rumiantes en España: El factor de conversión de meta-no. *Arch. Zootec.* 57:89–101.

Fischer, A., N. Edouard, and P. Faverdin. 2020. Precision feed restriction improves feed and milk efficiencies and reduces methane emissions of less efficient lactating Holstein cows without impairing their performance. *J. Dairy Sci.* 103:4408–4422.

Guo, Y.Q., B.X. Tong, Z.G. Wu, W.Q. Ma, and L. Ma. 2019. Dietary manipulation to reduce nitrogen and phosphorus excretion by dairy cows. *Livest. Sci.* 228:61–66.

Hristov, A.N., J. Oh, J.L. Firkins, et al., 2013. SPECIAL TOPICS—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J. Anim. Sci.* 91:5045–5069.

IPCC. 2019. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019 Refinement of the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. Cambridge University Press.

McGeough, E.J., P. O'Kiely, K.J. Hart, A.P. Moloney, T.M. Boland, and D.A. Kenny. 2010. Methane emissions, feed intake, performance, digestibility, and rumen fermentation of finishing beef cattle offered whole-crop wheat silages differing in grain content. *J. Anim. Sci.* 88:2703–2716.

Palmquist, D.L., and T.C. Jenkins. 2017. A 100-Year Review: Fat feeding of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:10061–10077.

Pardo, G., I. Martín-García, A. Arco, D.R. Yañez-Ruiz, R. Moral, and A. Del Prado. 2016. Greenhouse-gas mitigation potential of agro-industrial by-products in the diet of dairy goats in Spain: A life-cycle perspective. *Anim. Prod. Sci.* 56:646–654.

Pardo, G., A. del Prado, J. Fernández-Álvarez, D.R. Yañez-Ruiz, and A. Belanche. 2022. Influence of precision livestock farming on the environmental performance of intensive dairy goat farms. *J. Clean. Prod.* 351:131518.

Sajeev, E.P.M., B. Amon, C. Ammon, W. Zollitsch, and W. Winiwarter. 2018. Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 110:161–175.

Salami, S.A., G. Luciano, M.N. O’Grady, L. Biondi, C.J. Newbold, J.P. Kerry, and A. Priolo. 2019. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 251:37–55.

Salcedo, G., M.D. Báez, I. Garcia, J. Castro, and C. Santiago. 2019. Emisiones y huella de carbono en las explotaciones lecheras de Galicia. *Vaca Pint.* 14:1–12.

Schwab, C.G., and G.A. Broderick. 2017. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:10094–10112.

Capítulo 8

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006. *Livestock’s Long Shadow. Environmental Issues and Options.* LEAD-FAO, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

J.L. Capper, R.A. Cady, D.E. Bauman. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science*, 87 (2009), pp. 2160–2167, 10.2527/jas.2009-1781

J.L. Capper. The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *Journal of Animal Science*, 89 (2011), pp. 4249–4261, 10.2527/jas.2010-3784

Llonch, P., Haskell, M. J., Dewhurst, R. J., & Turner, S. P. (2017). Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems: an animal welfare perspective. *Animal*, 11(2), 274–284.

Özkan, Ş., Ahmadi, B. V., Bonesmo, H., Østerås, O., Stott, A., & Harstad, O. M. (2015). Impact of animal

health on greenhouse gas emissions. *Advances in Animal Biosciences*, 6(1), 24–25.

Guinan, F.L., G.R. Wiggans, H.D. Norman, J.W. Dürr, J.B. Cole, C.P. Van Tassell, I. Misztal, D. Lourenco. 2023. Changes in genetic trends in US dairy cattle since the implementation of genomic selection. *Journal of Dairy Science*, 106 (2): 1110–1129. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22205>.

Capítulo 9

Amann M, Gomez-Sanabria A, Klimont Z, Maas R, Winiwarter W (2017). Measures to address air pollution from agricultural sources. Report DG-Environment of the European Commission.

Billen G, Aguilera E, Einarsson R, Garnier J, Gringrich S, Grizzetti B, Lassaletta L, Le No J and Sanz-Cobena A (2021) Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: The potential of combining dietary change, agroecology, and circularity. *One Earth* 4:PP 839–850. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.008>

Bhogal A, Nicholson FA, Rollett A, Taylor M, Audrey Litterick A, Whittingham M and Williams J (2018) Improvements in the Quality of Agricultural Soils Following Organic Material Additions Depend on Both the Quantity and Quality of the Materials Applied. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2:9. doi: 10.3389/fsufs.2018.00009

Häni C, Sintermann J, Kupper T, Jocher M, Neftel A (2016). Ammonia emission after slurry application to grassland in Switzerland. *Atmospheric Environment* 125 (2016) 92–99. dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.10.069 1352–2310

Herr C, Mannheim T, Müller T and Ruser R (2020). Effect of Nitrification Inhibitors on N₂O Emissions after Cattle Slurry Application. *Agronomy* 2020, 10, 1174; doi:10.3390/agronomy10081174

Leip (2011) *The European Nitrogen Assessment*, ed. Mark A. Sutton, Clare M. Howard, Jan Willem Erisman, Gilles Billen, Albert Bleeker, Peringe Grennfelt, Hans van Grinsven and Bruna Grizzetti. Published by Cambridge University Press

Merino P, Arriaga H, Salcedo G, Pinto M and Calsamiglia S (2008) Dietary modification in dairy cattle: field measurements to assess the effect on ammonia emissions. *Dietary modification in dairy cattle: field*

measurements to assess the effect on ammonia emissions. doi.org/10.1016/j.agee.2007.05.003Get rights and content

Peixoto L and Petersen S (2023) Efficacy of three nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emissions from pig slurry and mineral fertilizers applied to spring barley and winter wheat in Denmark. *Geoderma Regional* 32 (2023), doi.org/10.1016/j.geodrs. 2022. e00597

Parera i Pous J, Mallof Nabot C, Olivé FD, Canut Torrijos N (2010). Determinación rápida de los nutrientes del purín del bovino de leche in situ en base a la lectura de conductividad eléctrica (CE) para una correcta fertilización. Congreso español de gestión integral de deyecciones ganaderas.

UNECE 2021. Guidance document on integrated sustainable nitrogen management. ECE/EB.AIR/149 Viguria M, Sanz-Cobeña A, López DM, Arriaga H, Merino P (2014) Ammonia and greenhouse gases emission from impermeable covered storage and land spreading of cattle slurry *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 19. 9: 261–271. DOI: 10.1016/j.agee.2014.09.016

Capítulo 10

Ademe (2015). Organic carbon in soils. Meeting Climate Change and Food Security Challenges. ADEME. France.

Aguilera, E.; Lassaletta, L.; Gattinger, A.; Gimeno, B. (2013). Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis *Agriculture, Ecosystems & Environment* 168, 25–36.

Balesdent, J.; Mariotti, A.; Boisgontier, D. (1990). Effects on tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ¹³C abundance in maize fields. *J. Soil Sci.* 41, 584–596.

Batjes, N.H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47, 151–163.

Giller, K.E.; Hijbeek, R.; Andersson, J.A.; Sumberg, J. (2021) Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, Vol. 50(1) 13–25

González-Sánchez, E.J.; Ordóñez-Fernández, R.; Carbonell-Bojollo, R.; Veroz-González, O.; Gil-Ribes, J.A.

(2012). Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of conservation agriculture. *Soil & Tillage Research* 122, 52–60.

Lal, R. (2008). Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363, 815–830.

Montgomery, D.R.; Biklé, A.; Archuleta, R.; Brown, P.; Jordan, J. (2022). Soil health and nutrient density: preliminary comparison of regenerative and conventional farming. *PeerJ* 10:e12848 DOI 10.7717/peerj.12848

Newton, P.; Civita, N.; Frankel-Goldwater, L.; Bartel, K.; Johns, C. (2020) What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. *Front. Sustain. Food Syst.* 4:577723. doi: 10.3389/fsufs.2020.577723

Rodale R (1983) Breaking new ground: the search for a sustainable agriculture. *The Futurist* 1: 15–20.

Schreefel, L.; Schulte, R.P.; De Boer, I.J.; Schrijver, A.P.; Van Zanten, H.H. Regenerative agriculture—the soil is the base. *Glob. Food Secur.* 2020, 26, 100404

Rehberger, E.; West, P.C.; Spillane, C.; McKeown, P.C. (2023). What climate and environmental benefits of regenerative agriculture practices? an evidence review. *Environ. Res. Commun.* 5 052001

Olson, K.R.; Lang, J.M.; Ebelhar, S.A. (2005). Soil organic carbon changes after 12 years of no tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois. *Soil & Tillage Research* 81, 217–225.

Reicosky, D.C. (2011) Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil carbon management. In 'Fifth World Congress on Conservation Agriculture'. Vol. 1. pp. 3–12. (ACIAR: Canberra, ACT).

Six, J.; Ogle, S.M.; Breidt, F.J.; Conant, R.T.; Mosiers, A.R.; Paustian, K. (2004). The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. *Global Change Biology* 10, 155–160.

Capítulo 11

Cap2'er[®] es una herramienta de evaluación ambiental aplicable a granjas de producción animal, basada en el análisis del ciclo de vida, desarrollada en Francia por el Institut de l'Élevage (IDELE). Su metodología es accesible en <https://idele.fr/detail-article/cap2err>

Flores-Calvete G., Martínez Fernández A., Doltra J., García A., Eguinoa P. (2017): Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Informe del Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>

Delaby L, Finn JA, Grange G and Horan B (2020) Pasture-Based Dairy Systems in Temperate Lowlands: Challenges and Opportunities for the Future. *Front. Sustain. Food Syst.* 4:543587. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.543587>

O'Brien B., Hennessy D. (2017). Scientific appraisal of the Irish grass-based milk production system as a sustainable source of premium quality milk and dairy products. *Ir. J. Agric. Food Res.* 56:120-129. <https://www.jstor.org/stable/26609799>

Capítulo 12

Ahmed M., Rauf M., Mukhtar Z., Saeed N.A. (2017). Excessive use of nitrogenous fertilizers: an unawareness causing serious threats to environment and human health. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 26983-26987.

Almendros G. (2004). Investigaciones básicas sobre el origen y la estructura molecular de las formas estables de materia orgánica relacionadas con el proceso de secuestro de carbono en los suelos. *Edafología*, 11: 229-249.

Anil, L., Parrk, J., Phipps., R.H., Miller, F.A. (1998). Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*. 53: 301-317.

Baizan S., Vicente F., Martínez-Fernández A. (2023). Characterization of biochar alone and mixed with compost or digestate as fertilizers in maize crop. *Grassland Science in Europe. The future role of ley-farming in cropping systems*. 28: 125-127.

Borreani, G., Revello, A. Colombini, S., O'doardi, M., Paoletti, R., Tabacco, E. (2009). Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology*, 151: 316-323.

Caravaca F., Masciandaro G., Ceccanti B. (2002). Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. *Soil and Tillage Research*, 68: 23-30.

Comisión Europea (2018). Report from the Commission to the Council and the European parliament on the development of plant proteins in the European Union. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/plants_and_plant_products/documents/report-plant-proteins-com2018-757-final_en.pdf

Demagnet R., Aguilera S. M., Mora M. L. (1999). Efecto de la aplicación de purines sobre el sistema suelo-planta. *Frontera Agrícola*. 5: 87-94.

Doltra, J., Olesen, J.E. (2013). The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. *European Journal of Agronomy*. DOI: 10.1016/j.eja.2012.03.006. 44: 98-108.

Good, A.G., Beatty, P.H. (2011). Fertilizing nature: A tragedy of excess in the commons. *PLoS Biol.* 9, e1001124.

Guyader, J., Janzen, H. H., Kroebe, R., Beauchemin, K. A. (2016). Forage use to improve environmental sustainability of ruminant production. *Journal of Animal Science*. 94: 3147-3158.

Holtkamp, F., Clemens, J., Trimborn, M. (2023). Calcium cyanamide reduces methane and other trace gases during long-term storage of dairy cattle and fattening pig slurry. *Waste Management*, 161: 61-71.

Jolliffe, P.A. (1997). Are mixed populations of plant species more productive than pure stands? *Oikos*. 80, 595-602.

Knapp JR, Laur GL, Vadas PA, Weiss WP, Tricarico JM (2014) Invited review: enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science* 97: 3231-3261. Doi:10.3168/jds.2013-7234.

Lal R. (2001). Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. *SSSA special publications number 57*. Madison, Wisconsin, EEUU.

Liu M., Gong J.R., Pan Y., Luo Q.P., Zhai Z.W., Xu S., Yang L.L. (2016). Effects of grass-legume mixtures on the production and photosynthetic capacity of constructed grasslands in Inner Mongolia, China. *Crop and Pasture Science*, 67: 1188-1198.

Mangado J. M., Oiarbide J., Barbería A., Granada A. (2009). Eficiencia y efecto residual del nitrógeno contenido en el purín de vacuno de leche aportado sobre

prados de ambiente atlántico. En: La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas. R. Reiné et al. (Eds). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca, España. pp. 205–212.

Martínez-Fernández A., Baizán González S., Vicente Mainar F., (2022). Utilización de leguminosas para forraje y elaboración de pienso en la alimentación del vacuno lechero. *Tecnología Agroalimentaria*, 26: 38–47

Martínez-Fernández A., Vicente Mainar F., Baizán González S., Barhoumi, N. (2017). Leguminosas forrajeras: un valor añadido en la alimentación de vacas lecheras en la Cornisa Cantábrica. *Mundo Ganadero*, 276: 27–34.

Mijangos I., Becerril J. M., Albizu I., Epelde L. y Garbisu C. (2009). Effects of glyphosate on rhizosphere soil microbial communities under two different plant compositions by cultivation-dependent and-independent methodologies. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 505–513.

Petersen S. O., Sommer S. G., Béline F., Burton C., Dach J., Dourmad J. Y., Leip A., Misselbrook T., Nicholson F., Poulsen H. D., Provolo G., Sørensen P., Vinnerås B., Weiske A., Bernal M. P., Böhm R., Juhász C. y Miheľic R. (2007). Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. *Livestock Science*. 112: 180–191.

Petersen, S. O., Andersen, A. J., Eriksen, J. (2012). Effects of cattle slurry acidification on ammonia and methane evolution during storage. *Journal of environmental quality*, 41: 88–94.

Savian, J. V., Schons, R. M. T., Marchi, D. E., Freitas, T. S., da Silva Neto, G. F., Mezzalana, J. C., Berndt, A., Bayer, C., Carvalho, P. C. F. (2018). Rotatinoous stocking: A grazing management innovation that has high potential to mitigate methane emissions by sheep. *Journal of Cleaner Production*, 186: 602–608.

Schlesinger W.H. (2009). On the fate of anthropogenic nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 203–208.

Schmidt H.P., Claudia Kammann, C., Nikolas Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T.D., Sánchez Monedero, M.A., Cayuela M.L. (2021). Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. *GCB Bioenergy*. 00: 1–23.

Soussana JF, Tallec T, Blanfort V. (2010) Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal* 4: 334–50.

Vassilev N, Vassileva M, Lopez A (2015). Unexploited potential of some biotechnological techniques for bio-fertilizer production and formulation *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99: 4983–4996.

Vicente F., Baizan S., Menendez M., Martínez-Fernández A. (2022). Biochar decreases the ammonia emissions of cattle slurry. *Grassland Science in Europe. Grassland at the heart of circular and sustainable food systems*. 27: 750–752.

Vicente, F., Elouadaf, D., Sánchez-Vera, A., Soldado, A., De La Torre-Santos, S., Martínez-Fernández, A. (2021). The dairy cow slurry composition used as fertilizer is influenced by the level and origin of the dietary protein. *Animals*, 11, 2812.
<https://doi.org/10.3390/ani11028126>

Vicente, F., Menéndez-Miranda, M., González-Treviño, F.J., Martínez-Fernández, A. (2023). Inclusión en la dieta de vacuno lechero de postbióticos sobre la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento lechero. AIDA 2023. XX Jornadas de producción Animal.

Capítulo 13

Ahmed E, Fukuma N, Hanada M, Nishida T. The Efficacy of Mootral Supplementation on Methane Production and Rumen Fermentation Characteristics in Ruminants Fed Different Styles. In Review; 2021.
<https://www.researchsquare.com/article/rs-148722/v1>
doi:10.21203/rs.3.rs-148722/v1

Arndt, C., A.N. Hristov, W.J. Price, et al., 2022. Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050. *PNAS*. 119:e2111294119.

Belanche A, Newbold C, Morgavi D, Bach A, Zweifel B, Yáñez-Ruiz D. A Meta-analysis Describing the Effects of the Essential oils Blend Agolin Ruminant on Performance, Rumen Fermentation and Methane Emissions in Dairy Cows. *Animals*. 2020;10(4):620. *doi:10.3390/ani10040620*

Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, McAllister TA, Beauchemin KA. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*. 2008;145(1):209–228. (Enzymes, Direct Fed Microbials and Plant Extracts in Ruminant Nutrition). *doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014*

- Charmley E, Williams SRO, Moate PJ, Hegarty RS, Herd RM, Oddy VH, Reyenga P, Staunton KM, Anderson A, Hannah MC. A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. *Animal Production Science*. 2016;56(3):169. doi:10.1071/AN15365
- Cobellis G, Trabalza-Marinucci M, Yu Z. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. *The Science of the Total Environment*. 2016;545–546:556–568. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.103
- Dijkstra J, Bannink A, France J, Kebreab E, van Gastelen S. Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *Journal of Dairy Science*. 2018;101(10):9041–9047. doi:10.3168/jds.2018-14456
- Duin EC, Wagner T, Shima S, Prakash D, Cronin B, Yáñez-Ruiz DR, Duval S, Rumbeli R, Stemmler RT, Thauer RK, et al. Mode of action uncovered for the specific reduction of methane emissions from ruminants by the small molecule 3-nitrooxypropanol. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016;113(22):6172–6177. doi:10.1073/pnas.1600298113
- Feng XY, Dijkstra J, Bannink A, van Gastelen S, France J, Kebreab E. Antimethanogenic effects of nitrate supplementation in cattle: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(12):11375–11385. doi:10.3168/jds.2020-18541
- Glasson CRK, Kinley RD, de Nys R, King N, Adams SL, Packer MA, Svenson J, Eason CT, Magnusson M. Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed *Asparagopsis* in feed for the reduction of methane production from ruminants. *Algal Res*. 2022;64:102673. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102673>
- Goel G, Makkar HPS, Becker K. Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin-rich fractions from different plant materials. *Journal of Applied Microbiology*. 2008;105(3):770–777. doi:10.1111/j.1365-2672.2008.03818.x
- Jayanegara A, Leiber F, Kreuzer M. Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2012;96(3):365–375. doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01172.x
- Kinley RD, de Nys R, Vucko MJ, Machado L, Tomkins NW. The red macroalgae *Asparagopsis taxiformis* is a potent natural antimethanogenic that reduces methane production during in vitro fermentation with rumen fluid. *Animal Production Science*. 2016;56(3):282. doi:10.1071/AN15576
- Lee C, Araujo RC, Koenig KM, Beauchemin KA. Effects of encapsulated nitrate on growth performance, nitrate toxicity, and enteric methane emissions in beef steers: Backgrounding phase. *Journal of Animal Science*. 2017;95(8):3700–3711. doi:10.2527/jas.2017.1460
- Machado L, Magnusson M, Paul NA, Kinley R, de Nys R, Tomkins N. Dose-response effects of *Asparagopsis taxiformis* and *Oedogonium* sp. on in vitro fermentation and methane production. *J Appl Phycol*. 2016 Apr;28(2):1443–52.
- Magnusson M, Vucko MJ, Neoh TL, de Nys R. Using oil immersion to deliver a naturally-derived, stable bromoform product from the red seaweed *Asparagopsis taxiformis*. *Algal Research*. 2020;51:102065. doi:10.1016/j.algal.2020.102065
- Orzuna-Orzuna J, Dorantes-Iturbide G, Lara-Bueno A, Mendoza-Martínez G, Miranda-Romero L, Hernández-García P. Effects of Dietary Tannins' Supplementation on Growth Performance, Rumen Fermentation, and Enteric Methane Emissions in Beef Cattle: A Meta-Analysis. *Sustainability*. 2021;13(13):7410. doi:10.3390/su13137410
- Ridla M, Laconi EB, Nahrowi, Jayanegara A. Effects of saponin on enteric methane emission and nutrient digestibility of ruminants: An in vivo meta-analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;788(1):012028. doi:10.1088/1755-1315/788/1/012028
- Roque BM, Salwen JK, Kinley R, Kebreab E. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*. 2019;234:132–138. doi:10.1016/j.jclepro.2019.06.193
- Stefenoni HA, Räisänen SE, Cueva SF, Wasson DE, Lage CFA, Melgar A, Fetter ME, Smith P, Hennessy M, et al. Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021;104(4):4157–4173. doi:10.3168/jds.2020-19686

Verma S, Taube F, Malisch CS. Examining the Variables Leading to Apparent Incongruity between Antimethanogenic Potential of Tannins and Their Observed Effects in Ruminants—A Review. *Sustainability*. 2021;13(5):2743. doi:10.3390/su13052743

Villar ML, Godwin IR, Hegarty RS, Erler DV, Farid HT, Nolan JV. Nitrate and nitrite absorption, recycling and retention in tissues of sheep. *Small Ruminant Research*. 2021;200:106392. doi:10.1016/j.smallrumres.2021.106392

Vyas D, Alazeh A, McGinn SM, McAllister TA, Harstad OM, Holo H, Beauchemin KA, Vyas D, Alazeh A, McGinn SM, et al. Enteric methane emissions in response to ruminal inoculation of Propionibacterium strains in beef cattle fed a mixed diet. *Animal Production Science*. 2015;56(7):1035–1040. doi:10.1071/AN14801

Capítulo 14

Gerber P, Vellinga T, Opio C, Henderson B, Steinfeld H (2010). Greenhouse gas emissions from the dairy sector – a life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Animal Production and Health Division. Roma (Italia).

Kurth T, Rubel H, Meyer Zum Felde A, Krüger J–A, Zielcke S, Günther M, Kemmerling B. (2019) Sustainably securing the future of agriculture Impulses and scenarios for ecological, economic and social sustainability – using agriculture in Germany as an example. Boston Consulting Group BCG.

Prenafeta F, Fernández B, Devant M (2021): Informe de revisión de las mejores técnicas disponibles potencialmente aplicables para la reducción de las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero del sector lácteo en España. IRTA & INLAC. <https://inlac.es/wp-content/uploads/2021/07/Informe-INLAC-Sector-Lacteo-prot.pdf>

Simoes AJG and Hidalgo CA. The Economic Complexity Observatory: An Analytical Tool for Understanding the Dynamics of Economic Development. Workshops at the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence. (2011), accedido OEC 5.0 (Observatory of Economic Complexity) en junio 2023: <https://oec.world/en/profile/hs/soya-bean-oil-cake-and-other-solid-residues>

Thoma G, Popp J, Shonnard D, Nutter D, Ulrich R, Matlock MD, Kim DS, Neiderman Z, East C, Adom F, Kemper N, Mayes A. (2010). Greenhouse Gas Emissions

from Production of Fluid Milk in the US. University of Arkansas & Michigan Technological University.

Capítulo 15

EIP-AGRI Focus Group New entrants into farming: lessons to foster innovation and entrepreneurship. Final Report 3 May 2016.

https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_new_entrants_final_report_2016_en.pdf

Federación Nacional de Industrias Lácteas, FeNIL. Por el futuro del sector lácteo en España.

<https://fenil.org/la-industria-lactea-propone-a-las-administraciones-diez-medidas-para-garantizar-el-suministro-de-materia-prima-y-el-futuro-del-sector/>

Capítulo 16

MAPA, 2023, https://www.mapa.gob.es/gl/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ayp_serie_empleo_n120_epa_1t2023_tcm37-650706.pdf

CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL, 2021, <https://www.ces.es/documents/10180/5250220/Inf0221.pdf>

FAO, 2009, <https://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>

MITECO, 2022, https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf

Capítulo 17

FAOSTAT, 2022, <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>

FAOSTAT, 2022b, <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.KD?view=chart>

Agencia de Protección Ambiental de EE.UU, 2023, Descripción general de los gases de efecto invernadero, <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>

Banco Mundial, 2020, Emisiones de gases de efecto invernadero totales (kt de equivalente de CO₂), <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.GHGT.KT.CE?view=chart>

Earth Overshoot Day, 2023, <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>

Pacto Mundial. Los Diez Principios, 2023, <https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/diez-principios/>

Base de Datos de Políticas de Financiación Sostenible, 2022. <https://www.unpri.org/policy/regulation-database>

Plan de Acción de la Comisión para una economía más ecológica y más limpia, 2023, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_18_1404

Climate change 2022: Mitigation of Climate change, IPCC, 2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

Sostenibilidad en la producción ganadera. M. Lainez, S. Calvet, F. Estellés. 2022. Cajamar Caja Rural. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/sostenibilidad-produccion-ganadera>

Capítulo 18

FADN Public Database, European Commission, media años 2018 a 2020

MAPA, 2022. Declaraciones de leche y encuesta láctea anual.

INE, 2021. Índice de precios industriales. Instituto Nacional de Estadística.

FEGA, 2021. Datos de las declaraciones obligatorias del sector lácteo ovino/caprino. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fondo Español de Garantía Agraria.

FEGA, 2021. Declaraciones del sector vacuno de leche. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fondo Español de Garantía Agraria.

DATA COMEX, 2021. Estadísticas de comercio exterior. Ministerio de industria, comercio y turismo. Secretaría de estado de comercio.

The background is a blue-tinted photograph of a rural landscape. It features several trees with bare branches, a fence line, and a field with some dark patches, possibly water or shadows. The overall scene is peaceful and natural.

A CRÓ NI MOS

ACV

Análisis de Ciclo de Vida

CMNUCC

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

DIAAS

Índice de aminoácidos indispensables digeribles (en inglés DIAAS, por las siglas Digestible Indispensable Amino Acid Scores)

GEI

Gases de efecto invernadero

MTDs

Mejores técnicas disponibles

nLCA

Evaluación del ciclo de vida nutricional (por sus siglas en inglés nutritional Life Cycle Analysis)

PAC

Políticas Agrarias Comunes

PEPAC

Plan Estratégico de la PAC en España

PNIEC

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima

SAU

Superficie Agraria Útil

SBTi

Iniciativa de Objetivo Basados en la ciencia (por sus siglas en inglés Science Based Targets initiative)

SOC

Carbono orgánico del suelo (en inglés SOC: soil organic carbon)

UGM

Unidades de ganado mayor

UTA

Unidades de trabajo-año totales



DANONE
ONE PLANET. ONE HEALTH.