



GANADERÍA EXTENSIVA Y CAMBIO CLIMÁTICO UN ACERCAMIENTO EN PROFUNDIDAD



Este cuaderno, coeditado por la Fundación Entretantos y la Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo, recopila y organiza un intenso trabajo colectivo desarrollado en el seno de la Plataforma para abordar la adaptación y la lucha contra el cambio climático desde la perspectiva de la ganadería extensiva.

El proceso se inició con una serie de debates en el seno de la Plataforma sobre el papel climático de la ganadería extensiva, sus emisiones, sus necesidades de adaptación y su potencial de mitigación. Estos debates fueron incorporando experiencias, artículos científicos (varios de ellos firmados por las mismas personas que debatían), prácticas innovadoras (planteadas desde la realidad de ganaderos y ganaderas en activo) y propuestas políticas que comparten una idea global: la necesidad de cambiar radicalmente, tanto a nivel técnico como científico y político, la visión actual de la relación entre cambio climático y ganadería extensiva.

La riqueza de este debate y de las ideas aportadas nos animaron a presentarlas en la pasada reunión de la COP25, en Madrid. Esta presentación se organizó, de forma colaborativa, en torno a una mesa redonda en la que participaban, simultáneamente, personas vinculadas al mundo científico, investigadoras, activistas y, por supuesto, ganaderos y ganaderas. La fotografía de esta mesa redonda describe igualmente la forma de trabajo y el espíritu colectivo que

constituyen la principal seña de identidad de la Plataforma.

El paso siguiente consistía en transmitir estas ideas al resto de la sociedad, de forma que el cambio de perspectiva pudiera adoptarse de forma mucho más amplia, sobre todo entre las personas y organizaciones que trabajan alrededor de la ganadería, la agricultura y la alimentación. Así surge la iniciativa de editar y distribuir este cuaderno.

El cuaderno organiza nuevas y viejas ideas, todas ellas con un sólido fundamento científico detrás. Se trata de un documento técnico, pero que se ha intentado hacer más comprensible y accesible a cualquier persona interesada, separando las ideas principales de una serie de materiales complementarios.

Así, aunque el texto principal está escrito en tono divulgativo y accesible, el cuaderno incluye numerosos recuadros en los que se describen y enlazan artículos científicos, informes y documentos técnicos, en castellano o en inglés, que permiten fundamentar los contenidos y elaborar discursos propios. Sintetizando, se trata de desplegar la enorme capacidad que la ganadería extensiva tiene de cara a hacer más sostenible y segura nuestra producción de alimentos en el contexto actual de cambio climático, y también su aportación insustituible para adaptarnos y reducir los efectos de dicho cambio.



De izquierda a derecha: Concha Salguero (Asociación Trashumancia y Naturaleza), Marta Rivera (investigadora, miembro del IPCC y de la Cátedra de Agroecología de la Universidad de Vic), Gerardo Moreno (Investigador de la Universidad de Extremadura e INDEHESA), Elisa Oteros (Investigadora y miembro de FRACTAL), Pablo Manzano (Investigador y consultor internacional en Pastoralismo), Joan Alibés (Ganadero, empresario y miembro de la Sociedade Galega de Pastos e Forraxes), Monte Orodea (Ganadera, miembro de Somos Sierra Norte y Ganaderas en Red), Pía Sánchez (Ganadera, miembro de GER y presidenta de FEDEHESA) y Pedro M. Herrera (Fundación Entretantos).

Editan: Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo

Edición: Pedro M. Herrera [Fundación Entretantos]

Revisión de la edición: Gerardo Moreno, Isabeau Ottolini, Javier García y Julio Majadas

Autoras y autores (en orden alfabético): Joan Alibés, Javier García, Pedro M. Herrera, Mireia Llorente, Julio Majadas, Pablo Manzano, Gerardo Moreno, Alberto Navarro, Monte Orodea, Elisa Oteros, Isabeau Ottolini, Marta Rivera, Vicente Rodríguez-Estévez, Sonia Roig, Concha Salguero, Pía Sánchez, Santos Sanz y María Turiño.

Muchas otras personas de la plataforma realizaron aportaciones y citas y lanzaron ideas a los debates. Algunas están nombradas y otras no, pero la aportación de cada una de ellas ha sido importante para el resultado final.

Coordinación de la mesa redonda en la COP25: Elisa Oteros, con la ayuda de María Turiño y Ganaderas en Red.

Fotografías: Marta Ibáñez, Víctor Casas y Javier García.

Diseño y maquetación: Javier García [Fundación Entretantos]

Esta edición cuenta con el apoyo y la colaboración del proyecto **Life Live-ADAPT** (LIFE17 CCA/ES/000035), que se encargará también de su traducción.

También se han utilizado datos de otros proyectos (Agri-ADAPT, Info-AdaptaAGRI), y trabajos de diversas organizaciones y personas (Trashumancia y Naturaleza, CMNC, la Sociedad Española de Pastos, UPA), articuladas para este proyecto en torno a la Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo.

[www.ganaderiaextensiva.org]

A efectos bibliográficos, esta publicación debe citarse como sigue:

Herrera, Pedro M. (ed.) (2020) **Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad**. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo.

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	5
UN MARCO MÁS PRECISO PARA ENTENDER LA CONTRIBUCIÓN DE LA GANADERÍA EXTENSIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO	6
DOS MODELOS DIFERENCIADOS DE PRODUCCIÓN GANADERA	8
LAS EMISIONES DE LA GANADERÍA EXTENSIVA	10
LA PERSPECTIVA TERRITORIAL	16
LOS NIVELES BASE DE EMISIONES DE LOS ECOSISTEMAS GESTIONADOS	17
EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GANADERÍA EXTENSIVA	21
AFRONTANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO:	22
ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y DE MITIGACIÓN	22
A MODO DE CONCLUSIÓN	26
BIBLIOGRAFÍA	28



INTRODUCCIÓN

La ganadería, la producción animal en general, constituye un ámbito de gran relevancia de cara al cambio climático, como demuestra el interés mediático que ha suscitado el tema en los últimos tiempos llegando a generarse confusión y rechazo a la ganadería. La cría productiva de animales domésticos es, por un lado, una actividad emisora de gases de efecto invernadero (GEI) y, por el otro, un sector, a priori, vulnerable ante el cambio climático y necesaria para la conservación de los ecosistemas pasícolas y nuestra alimentación.

Los efectos climáticos han resultado ser especialmente intensos en las actividades agrarias. En el caso de la ganadería, el cambio climático además tiene gran relevancia para el bienestar y la salud de los animales que se crían. Por otra parte, se trata de un sector clave en la seguridad alimentaria y la producción de alimentos a escala global, del que dependen la forma de vida, los ahorros y los mecanismos de gestión del riesgo de millones de personas, así como numerosos servicios ecosistémicos y muchas economías de pequeña escala.

La ganadería, en general, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero a través de las emisiones de los animales domésticos, de los consumos de energía y materiales externos y del manejo de estiércol y purines. Estas emisiones incluyen tanto el dióxido de carbono como el metano y el nitrógeno, sobre todo en forma de óxido nítrico. Pero no todos los sistemas ganaderos son iguales, ni emiten de la misma forma, y aunque existe mucha variabilidad entre ellos se pueden agrupar en dos grandes bloques, ganadería extensiva y ganadería intensiva o industrial, con muchos sistemas ganaderos a caballo entre ambos.

La ganadería extensiva es aquella que aprovecha recursos forrajeros locales

mediante pastoreo, generalmente con razas y variedades adaptadas a las condiciones de su entorno y que tienen un nivel bajo de insumos externos, tanto materiales (piensos y otros alimentos) como energéticos, desarrollándose en unas condiciones de sostenibilidad. Estas características la diferencian claramente de la producción ganadera industrial, que se desarrolla en instalaciones cerradas, utilizando alimentos procedentes de los mercados convencionales -con frecuencia de otros países-, generando residuos contaminantes e invirtiendo una gran cantidad de energía y otros insumos externos.

Este cuaderno pretende abordar el papel que puede jugar la ganadería extensiva en el contexto del cambio climático, tanto desde la perspectiva de mejorar la evaluación de sus emisiones y los efectos derivados de ellas, como de contribuir a su adaptación y, sobre todo, aprovechar todo su potencial para luchar contra el cambio climático.

El documento se estructura en 7 capítulos que abordan aspectos diferentes de la relación entre ganadería extensiva y cambio climático, incluyendo los distintos modelos de producción ganadera, las emisiones, el contexto territorial, la integración del pastoreo en los ecosistemas, los efectos del cambio climático y las propuestas de adaptación y mitigación. Un capítulo final extrae una serie de conclusiones y propuestas de futuro.

El cuaderno está pensado como una guía técnica, que permita conocer los principales argumentos que relacionan la ganadería extensiva con el cambio climático, a la vez que proporciona acceso a numerosas fuentes e informes. Para ello, intercalados en el texto, aparecen una serie de cuadros resaltados que enlazan publicaciones técnicas o científicas relevantes en los aspectos que se abordan en cada capítulo.



UN MARCO MÁS PRECISO PARA ENTENDER LA CONTRIBUCIÓN DE LA GANADERÍA EXTENSIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Hasta ahora, la consideración de la ganadería en el contexto del cambio climático ha estado vinculada, en la mayor parte de los casos, al comportamiento global de la agricultura. En cambio, el trabajo específico de análisis del papel de la ganadería en relación con el cambio climático se ha caracterizado por una evaluación un tanto confusa, sin distinguir entre producción intensiva y extensiva..

A pesar de ello, la discusión acerca del efecto global de la ganadería sobre el cambio climático ha sido un tema recurrente en los últimos meses, tanto en medios de comunicación como en ambientes científicos y en el debate público, alimentando el mensaje creciente de basar la alimentación humana en una dieta vegana.

En estos casos, la producción ganadera se contempla habitualmente de forma conjunta e indiferenciada, sin separar sistemas productivos y sin considerar, de forma adecuada, el conjunto de actividades que se relacionan con ella.

Esto incluye aspectos clave para el análisis de los efectos de la ganadería sobre los agrosistemas que la sustenta y el cambio climático, como son el método de alimentación, la producción asociada de piensos y forrajes, el consumo energético, el transporte de forrajes, animales vivos y animales sacrificados y otros insumos externos (desde aditivos a medicinas, antibióticos o suplementos).

El Informe Especial del IPCC sobre cambio climático y suelo constituye la primera evaluación científica exhaustiva de los vínculos entre la tierra y el cambio climático. El trabajo culmina un enorme esfuerzo que ha implicado a decenas de científicos para tratar de valorar la interacción entre el cambio climático, la desertificación, la degradación de la tierra, la gestión sostenible de la tierra, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres. Se trata, por tanto, de un análisis estrechamente relacionado con la agricultura y la ganadería, que ofrece algunas claves importantes que relacionan la actividad agraria con los más importantes desafíos planteados por los escenarios de cambio previstos.

La mayor parte de los informes y trabajos científicos referidos a la relación entre ganadería y cambio climático han obviado la existencia de distintos sistemas ganaderos, muy diferentes en cuanto a su funcionamiento, perfil de emisiones y características socio-ecológicas. Esta falta de diferenciación está haciendo que se consideren bajo el mismo marco actividades que son esencialmente diferentes, tanto en su concepto como en su ejecución y, por supuesto, en su comportamiento climático y ambiental.

La principal consecuencia de esta situación es que se ha identificado al conjunto del sector ganadero con la ganadería más industrializada. Por un lado, eso ha sesgado

fuertemente los análisis, equiparando el comportamiento de toda la ganadería con el de un único sistema productivo y, por otro lado, ha impedido asimilar adecuadamente la diversidad de los sistemas ganaderos, lo que redundará en perjuicio de las opciones de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

Finalmente, esta situación está teniendo también un marcado impacto social. Cada vez se escuchan más noticias negativas sobre la ganadería, lo que ha influido en que un número elevado de personas abracen planteamientos veganos o animalistas y rechacen consumir cualquier producto ganadero, pensando que toda la ganadería es perjudicial para el planeta.

La FAO publicó en 2013 el manual '**Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación**', escrito por un grupo de autores encabezado por Pierre J. Gerber.

Este manual, al igual que el 'modelo GLEAM (Modelo Global de Evaluación Ambiental de la Ganadería)', también desarrollado por la FAO, y otros artículos previos, consideran la ganadería y sus emisiones de forma conjunta, sin diferenciar la ganadería extensiva de la intensiva o industrial.

También puede consultarse, para una visión global de la situación de la ganadería en relación con los efectos sobre el cambio climático y viceversa, este artículo científico en inglés: '**Cambio climático y ganadería: impactos, adaptación y mitigación**' firmado por Melissa Rojas-Downing y otros colaboradores en la revista *Climate Risk Management*.

Afortunadamente, las cosas están cambiando en los últimos años y numerosas publicaciones han comenzado a separar los diferentes sistemas de producción animal, tratando de desarrollar análisis y propuestas específicas para cada uno de ellos. En la misma medida, han comenzado también a adoptarse propuestas de indicadores segregados por sistemas productivos para su análisis y monitorización, analizando por separado su contribución al cambio climático y sus iniciativas específicas de adaptación y mitigación.

Entre estos sistemas diferenciados destacan, tanto por su importancia como por sus características radicalmente diferentes, los sistemas ganaderos extensivos que, a su vez presentan una gran diversidad de planteamientos, desde el pastoreo móvil a sistemas silvopastorales que aprovechan paisajes complejos de pastos, cultivos y vegetación leñosa, o aquellos basados en montes comunales que aparecen en el norte de la Península Ibérica.

Cada vez resulta más claro que los distintos sistemas de producción ganadera proveen a las sociedades que los acogen con diferentes bienes y servicios, requiriendo por tanto planteamientos diversos que no pueden gestionarse bajo los mismos criterios.

Hay otra razón adicional, los distintos sistemas pueden implementar diferentes estrategias para acometer la adaptación y la mitigación del cambio climático, cosa muy difícil de hacer si los diagnósticos previos no han sido convenientemente separados y abordados desde perspectivas específicas o

si unas medidas y otras interfieren entre ellas.

El análisis y consideración diferenciada de estos sistemas, además, debe incidir en su comportamiento global en relación con el medio ambiente y la sostenibilidad, así como las diferentes funciones que juegan tanto en el funcionamiento de los ecosistemas como en diferentes factores socioeconómicos.

Evidentemente no es el mismo papel el que juega una producción animal altamente concentrada e industrializada, convertida claramente en un agente macroeconómico en algunos de los países más desarrollados, que el papel que juegan en las economías domésticas africanas, en la que los rebaños y animales en pastoreo funcionan también como depósitos de ahorro, estrategia de gestión de riesgos, fuente de alimentos de primera necesidad para las familias, fuente de ingresos en épocas sin cultivos, etc.).

A otra escala, todavía se mantienen, tanto en España como en el resto de Europa, numerosos sistemas ganaderos extensivos que juegan un papel importante tanto en la economía agraria como en la gestión del territorio y en la sostenibilidad del medio rural en general.

Entre ellos se puede destacar, por su importancia, el pastoreo trashumante y trasterminante, la ganadería de montaña con cabras, ovejas y vacas, los sistemas de ovino-cereal, las dehesas y los sistemas silvopastorales y agroforestales, así como un gran número de actividades ganaderas tradicionales que sobreviven a duras penas en nuestro país.

DOS MODELOS DIFERENCIADOS DE PRODUCCIÓN GANADERA

A partir del planteamiento anterior, los sistemas productivos ganaderos se podrían separar en dos grandes modelos que deberían analizarse y abordarse por separado y que deberían desagregarse completamente en el diseño de políticas públicas, normativas y estrategias, son lo que se

conoce fundamentalmente como ganadería extensiva y como ganadería industrial o intensiva. La tabla 1 muestra algunas de las principales diferencias entre ambos modelos, proporcionando argumentos adicionales a su diferenciación.

Modelos	Ganadería extensiva [basada en tierras no aptas para cultivos]	Ganadería intensiva [basada en tierras aptas para cultivos]
Alimentación	Recursos locales de base territorial (pastos, dehesas, matorrales, bosques, barbechos, rastrojos...)	Alimentos preparados adquiridos en el mercado (piensos, cereales, etc.)
Obtención del alimento	Pastoreo	Proporcionada por las personas a cargo de la instalación
Movilidad	Los animales pueden moverse libremente por los recintos asignados	Movilidad restringida
Insumos externos	Bajo nivel de insumos externos	Nivel elevado de insumos externos (energía, alimentos, aditivos, medicamentos, maquinaria, etc).
Flujos energéticos y materiales	Flujos integrados con los ecosistemas locales	Flujos independientes de los ecosistemas locales
Alojamiento	Vida en el exterior, a veces alojamiento facultativo cuando las condiciones externas lo aconsejan	Estabulados, viven en instalaciones con las condiciones controladas (aireación, calefacción, etc.)
Servicios ecosistémicos	Proporcionan servicios ecosistémicos variados: mantenimiento de hábitats, secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad	No proporcionan servicios ecosistémicos relevantes
Impacto ambiental	Emisión de gases de efecto invernadero (CH_4 y N_2O)	Emisión de gases de efecto invernadero (CO_2 por deforestación, CH_4 , N_2O), contaminación por fertilizantes, pesticidas y purines, pérdida de biodiversidad

Tabla 1. Principales diferencias entre los modelos extensivos e industriales de producción ganadera. Entre ambos modelos se localizan una gran variedad de modelos mixtos, que podemos denominar como semi-extensivos y que tienen una gran importancia en nuestro país. Destacan entre ellos las ganaderías mixtas que combinan pastoreo con alimentación en pesebre y que son muy comunes en zonas de montaña y climas frescos tanto de España como del resto de Europa, también las ganaderías de vaca nodriza, en la que se combina el pastoreo con el engorde en cebadero de los animales destinados al sacrificio.

Además de las consideradas en la tabla, se pueden plantear algunas consideraciones adicionales que sustentan la necesidad de abordar ambos modelos de forma diferenciada: por ejemplo, sus diferentes condiciones de adaptabilidad a la variación de las condiciones externas, su capacidad de resiliencia que les permite recuperarse

después de haber sufrido perturbaciones o daños, su sostenibilidad o su potencial como herramienta de gestión territorial, y sus implicaciones sociales, siendo la ganadería extensiva una actividad económica que no puede deslocalizarse, de gran relevancia en una economía cada vez más global.

El informe **Huella ecológica, económica, social y sanitaria de la Ganadería en España**, publicado en 2018 por la Fundación Entretantos junto con las cooperativas Garúa & Cyclos como base para una campaña de Greenpeace permite una aproximación a la situación global de la ganadería en España y de sus emisiones, a partir de los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura y la FAO. También se analizan las emisiones de la ganadería en España, según el modelo GLEAM.

En el ámbito de la sostenibilidad, sus efectos sobre el cambio climático son un elemento fundamental que diferencia a ambas modalidades de ganadería, tanto por las emisiones GEI que se derivan de ambos modelos de ganadería, como por el papel que juegan los ecosistemas que las sustentan en su capacidad para fijar carbono atmosférico y reciclar otros GEIs.

Precisamente este comportamiento ha generado una enorme marea de confusión debido a la falta de diferenciación a la hora de estimar el balance neto de emisiones GEI por parte de la ganadería. Esta generalización favorece que se cometan serios errores de juicio que han resultado ser

muy perjudiciales para la actividad ganadera extensiva y pastoralista. El más evidente de estos errores es considerar como unidad de referencia únicamente el kilogramo de carne (o leche) producida.

Esta métrica en particular beneficia a los modelos de producción industrializada, ya que ofrece resultados sesgados en contra de la ganadería extensiva. Existen métricas alternativas que valoran mejor las producciones -como la ganadería extensiva- que generan bienes públicos y servicios ecosistémicos, como el manejo de pastos, la prevención de incendios, la conservación de la biodiversidad o la transferencia de fertilidad al suelo.

Numerosos trabajos científicos firmados por investigadores e investigadoras de nuestro país permiten ampliar el conocimiento sobre el papel de la ganadería extensiva en la provisión de servicios ecosistémicos.

A modo de ejemplo se puede consultar el trabajo sobre '**Contribución de la ganadería extensiva al mantenimiento de las funciones de los ecosistemas forestales**', presentado en el VI Congreso Forestal Español por Pilar Fernández, Dolores Carbonero y Alma García, o el trabajo de Alberto Bernués y Tamara Rodríguez publicado en la revista *Plos/One* (en inglés), ***Socio-Cultural and Economic Valuation of Ecosystem Services Provided by Mediterranean Mountain Agroecosystems***.

También, relacionados específicamente con sistemas silvopastorales, os presentamos un par de artículos destacados que cuentan con la firma de Gerardo Moreno, uno de ellos publicado en *Science Advances* y el otro como parte de un libro sobre sistemas agroforestales editado por Rosa Mosquera en *Burleigh Dodds Science*, aunque este último contenido no es de acceso abierto [original disponible [en este enlace](#)].

La base territorial tiene también una gran importancia en el comportamiento ambiental de la explotación. Los flujos industriales globalizados, que abastecen y en los que se insertan las producciones ganaderas industriales, implican un gran número de impactos deslocalizados que deben atribuirse de forma cuidadosa. Esto incluye, entre otros, los impactos ambientales y socioeconómicos en los países de origen de los cereales, soja y otros alimentos, los impactos derivados del transporte a lo largo de toda la cadena productiva, los atribuidos a la generación de la energía que consume la instalación, etc.

Así, a pesar de causar efectos muy graves social y ambientalmente, resulta muy complicado evaluar, y actuar sobre los impactos deslocalizados causados por la ganadería intensiva. Por su parte, la base territorial local de la ganadería extensiva implica que sus impactos son mucho más

evidentes y, con ello, más fáciles de asignar al sistema productivo local. Esto supone también una desventaja con respecto a la ganadería industrial, porque cualquier impacto generado afecta directamente a la explotación en lugar de socializarse.

Finalmente, los esfuerzos se han centrado fundamentalmente en la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero, sin un esfuerzo paralelo para la cuantificación de otros impactos negativos (pérdida de fertilidad, consumo y eutrofización del agua...), y menos aún para la cuantificación de servicios ambientales (secuestro de carbono, conservación de hábitats, prevención de incendios...). Todo esto está jugando en contra de la ganadería extensiva en su análisis comparativo frente a la ganadería intensiva e incluso frente a los sistemas de producción de alimentos de origen vegetal.



LAS EMISIONES DE LA GANADERÍA EXTENSIVA

La introducción ya mostraba los tres principales gases de efecto invernadero asociados a la ganadería extensiva. Afinando un poco esta descripción podemos centrarnos en los tres principales.

El primero de ellos es el dióxido de carbono (CO_2) cuyas emisiones se relacionan con los cambios de uso del suelo, la producción de forrajes, el manejo de los pastos, el uso de insumos externos, sobre todo energía y transporte, y otros procesos productivos.

El segundo sería el el óxido nitroso (N_2O) que procede de las deyecciones de purines y estiércoles y su manejo, así como de los fertilizantes que se usan en los cultivos forrajeros.

El tercero sería el metano (CH_4) emitido por la fermentación entérica de los rumiantes, por la producción de forrajes vinculados a algunos tipos de cultivo, como los arrozales, y desde los purines y estiércoles almacenados que genera la ganadería industrial.



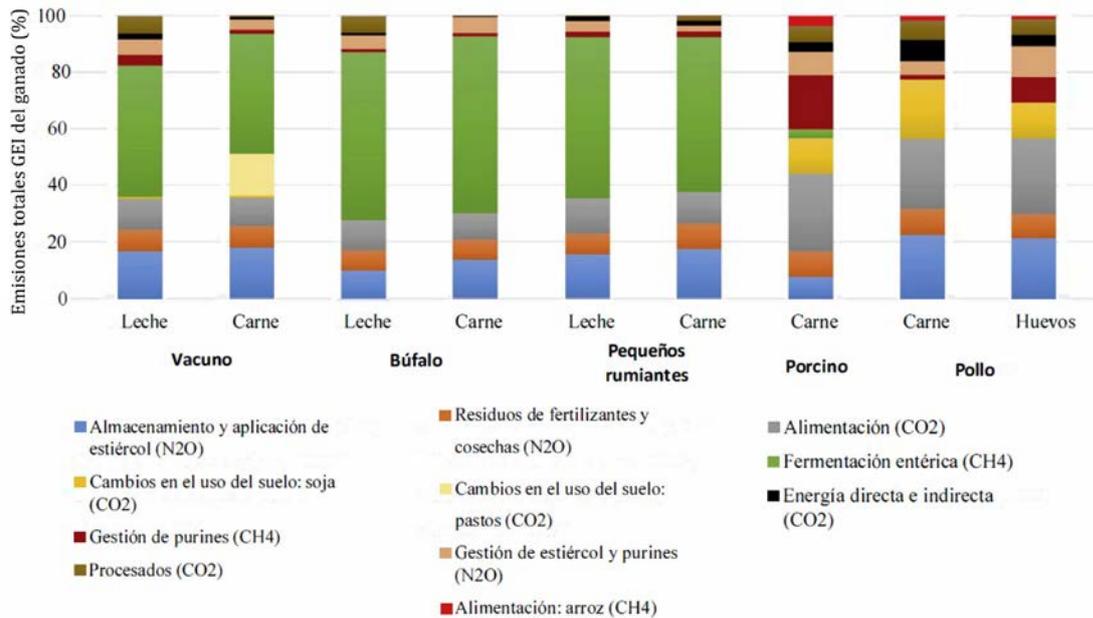


Figura 1: Diferentes emisiones según especies y orientaciones productivas. Adaptado de De Rojas-Downing et al., 2017.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) atribuidas a la ganadería han penalizado a la ganadería extensiva de forma notable. El modelo GLEAM, el más utilizado para la estimación de estas emisiones, presenta serias limitaciones a la hora de considerar las particularidades de la producción extensiva y pastoralista.

Esta simplificación ha producido estimaciones inadecuadas de los datos de emisiones GEI vinculados al pastoreo que parecen sobervaloradas y fuera de contexto. Los cálculos se basan en tasas de emisiones generalista aportadas por el propio modelo GLEAM, y que en muchos casos no resultan adecuadas para la mayoría de los modelos de agricultura extensiva.

Este mismo año 2020, Zhu y sus colaboradores han estimado que las emisiones de óxido nitroso por las excretas (orina y heces) del vacuno extensivo en sabanas de Kenia son hasta 14 veces

inferiores a las estimadas por los índices del IPCC. También son numerosos los estudios que vienen demostrando que la emisión de metano por los rumiantes disminuye hasta en un 15-25% cuando en la dieta se incluye el ramoneo de plantas leñosas, ricas en taninos (ver el cuadro de la página 10).

Pero incluso utilizando las tasas generalistas de emisiones propuestas por el modelo GLEAM, hay algunos aspectos que resulta importante tener en cuenta para matizar la posición de la ganadería extensiva. Si tomamos como referencia el conjunto de las emisiones atribuibles a la ganadería (tanto las de CO₂ como las de CH₄ y las de N₂O) y su origen, hay un conjunto de emisiones que, claramente, pertenecen mayoritariamente al ámbito de los modelos industriales.

Nos referimos a aquellas emisiones ligadas al cambio en el uso del suelo (9,2%), la gestión de purines y estiércoles (21,6%, que no incluye la porción ligada al CH₄, un 4,3%),



y las ligadas a la gestión de fertilizantes y cosechas para la producción de piensos para

alimentar al ganado (7,7% en N₂O y 13% en CO₂), tal y como se aprecia en la figura 2.

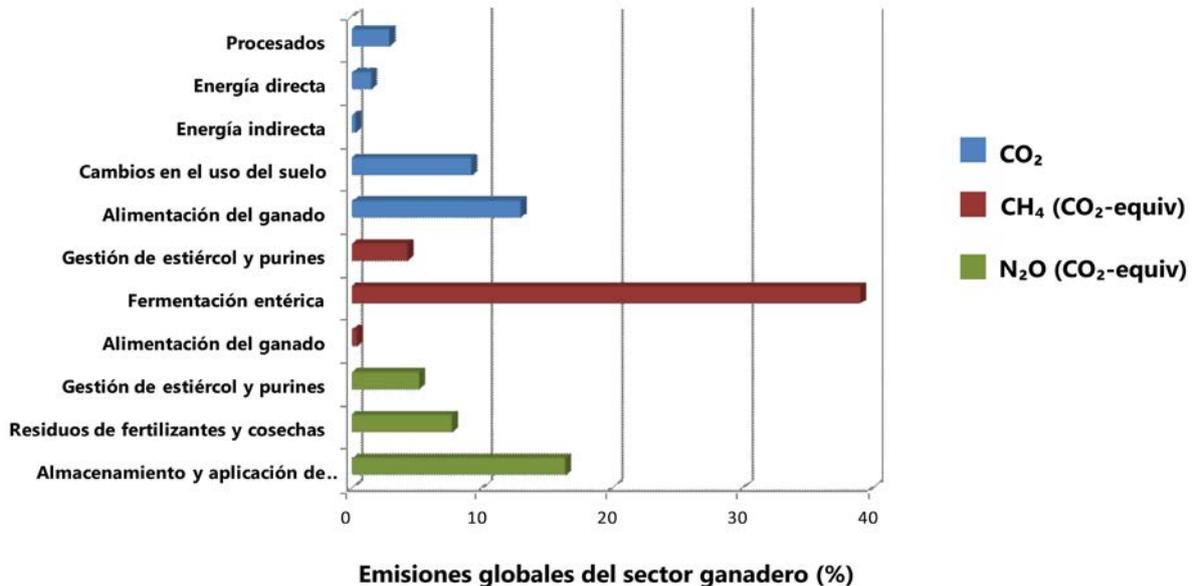


Figura 2. Emisiones globales del sector ganadero (Adaptado de Rojas-Downing y col 2017)

En la misma línea, incluso sin una diferenciación clara entre sistemas productivos, únicamente teniendo en cuenta las especies, podemos observar un perfil de emisiones muy diferenciado. Los ruminantes presentan fundamentalmente emisiones entéricas y relacionadas con sus deposiciones (orina y heces), mientras que la huella de los monogástricos, sobre todo pollo y cerdo, altamente industrializados, está directamente relacionada con la gestión de los purines, la industrialización agraria para producir piensos y los cambios de uso del suelo (Figura 1). Estas son emisiones que necesitan un tratamiento específico y diferenciado, ya que además de sus efectos sobre el cambio climático causan un gran impacto ambiental en los diferentes territorios en los que se producen.

Hay otros aspectos clave en la asignación de emisiones a la ganadería que perjudican

claramente a la ganadería extensiva. La diferente consideración entre el metano y el dióxido de carbono es una de ellas. Habitualmente se considera que el metano tiene un efecto invernadero entre 23 y 35 veces superior al del dióxido de carbono, pero también es importante tener en cuenta que el CO₂ permanece mucho más tiempo en la atmósfera, con lo que su capacidad de acumulación es mucho mayor. Concretamente, la persistencia del metano en la atmósfera es de unos 12 años, mientras que la del CO₂ es variable, pero se sitúa en la franja de los siglos o incluso milenios (Figura 3).

Aunque aún falta investigación básica, algunos resultados recientes publicados por Kou y Tang y sus respectivos colaboradores en fechas recientes (ver el cuadro de la página 10) indican que es precisamente en los sistemas pastoralistas donde una



parte importante del metano puede oxidarse a CO_2 , con lo que, en todo caso, necesitaríamos conservar y optimizar los pastos que alimentan al ganado extensivo,

e incluir en el balance neto de emisiones la capacidad de los agrosistemas para reducir la concentración atmosférica de metano.

Para completar estas afirmaciones se pueden consultar algunos trabajos científicos que profundizan en la incidencia de las emisiones del ganado en pastoreo. Entre los citados en el texto destacan los de Zhu y colaboradores en la revista *Soil biology and biochemistry* en 2020 y el trabajo firmado por Aboagye y Beauchemin en la revista *Animals* en 2019.

Más adelante en el texto se hacen referencias al efecto del pastoreo en las emisiones de metano, para lo que se puede consultar el artículo de 2018 de Tang y colaboradores en *BMC-Ecol*, o el de Kou y colaboradores en la ya citada *Soil biology and biochemistry* en 2017.

Sobre el efecto del pastoreo en las emisiones de los ecosistemas, que se habla en el apartado siguiente, se puede consultar el artículo de Medina-Roldán, publicado en 2019 en la revista *Agriculture, Ecosystems & the Environment* [todos los artículos de este recuadro están escritos en inglés].

Siguiendo con las reacciones químicas que ocurren en los agrosistemas, el óxido nitroso emitido desde la orina y heces de la ganadería también diferencia claramente los modelos de ganadería extensiva de la industrial. En los modelos intensivos se mezclan la orina y los excrementos de los animales, produciendo amoníaco, que luego se oxida a formas de óxidos de nitrógeno

que tienen un gran efecto de calentamiento de la atmósfera. En cambio, este fenómeno apenas se produce, o lo hace en una escala mucho menor, en los sistemas extensivos donde las fracciones líquida y sólida no se mezclan, y además se incorporan de forma rápida al suelo, pudiendo ser utilizado de nuevo por las plantas y microorganismos del suelo, evitando su emisión hacia la atmósfera.

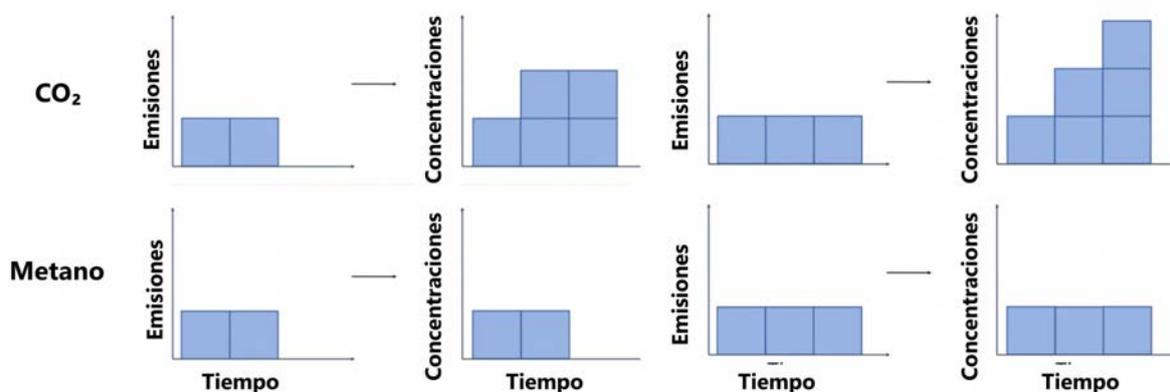


Figura 3: Persistencia y concentración en la atmósfera del metano y el CO_2 . Mientras el metano se va destruyendo algún tiempo después de su emisión, el CO_2 se acumula durante siglos. Adaptado de Allen, M.R. et al. (2017)

Además de las imperfecciones en el proceso de estimación de las emisiones de la ganadería extensiva, el hecho de que en la mayoría de los informes se ignore la capacidad del sistema para fijar CO₂ atmosférico y almacenarlo en forma de biomasa o materia orgánica del suelo, también desfavorece a este tipo

de ganadería. . Es decir, no solamente las emisiones de los animales, sino también debe contabilizarse el carbono que capturan los pastos y almacena sus suelos, y el metano que oxidan, planteando un modelo de emisiones netas mucho más próximo a la compleja realidad de estos sistemas productivos (Figura 4).

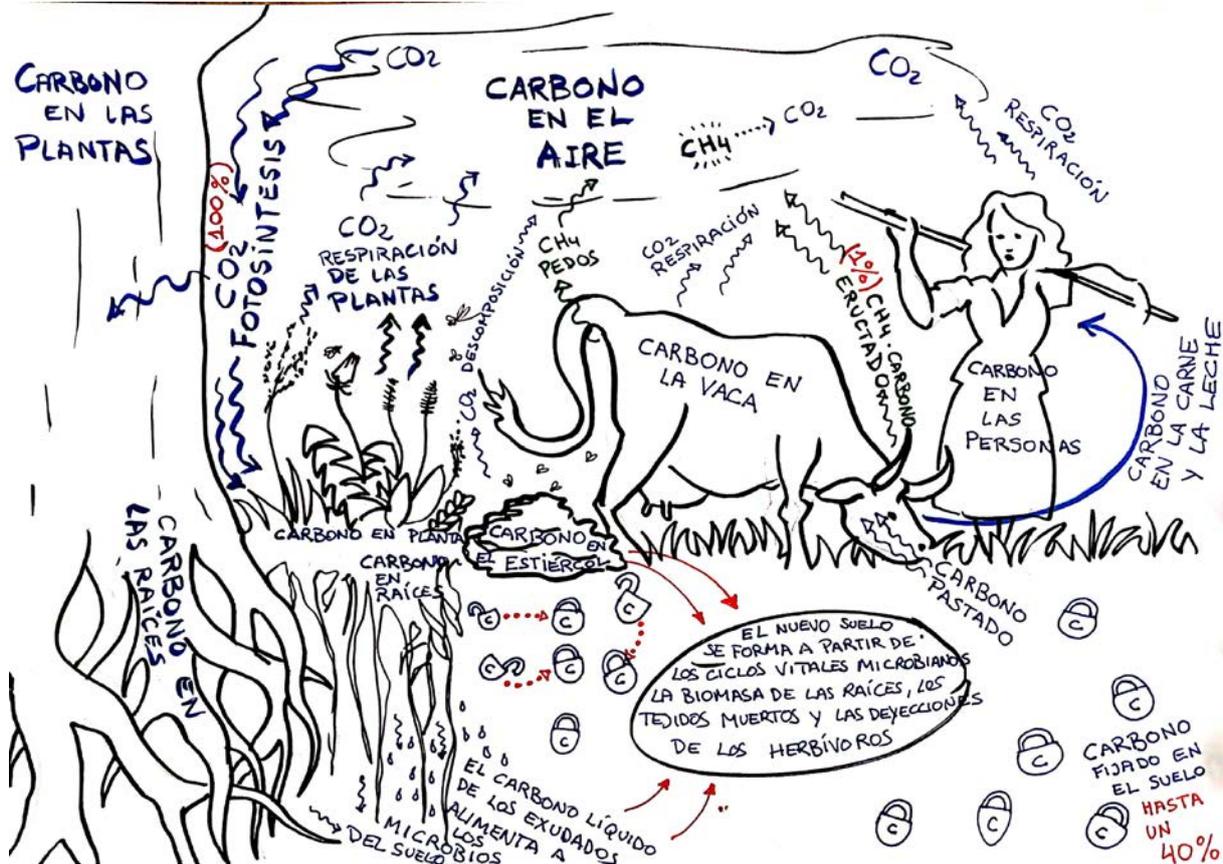


Figura 4. El complejo movimiento del carbono en el sistema suelo-animales. Adaptado de: <https://www.smilingtreefarm.com/blog/carbon-moooves>

Una entrada en el [blog de la Red Remedia](#), firmado por Gerardo Moreno y Mireia Llorente muestra cómo se comportan los suelos y la vegetación de la dehesa en la captura de carbono, que compensan sobradamente las emisiones de los animales que en ellas pastan. En general, los pastos bien gestionados tienen una gran capacidad para secuestrar y almacenar carbono de forma estable.

Pero quizás la mayor simplificación en los modelos actuales de cálculo de emisiones, y que nuevamente perjudican a la ganadería extensiva, es la propia métrica de las emisiones, basada exclusivamente en la emisión de CO₂ equivalente por kilogramo de producto comercial final.

En cambio, si se contaran los diferentes productos y servicios obtenidos por la ganadería extensiva, incluidos, lógicamente, los servicios ecosistémicos públicos que produce, el resultado sería una situación mucho más favorable a los modelos basados en pastoreo.

Un último apunte respecto de los cálculos de emisiones y, en general, el comportamiento climático de los sistemas ganaderos extensivos es la escasez de investigaciones basadas en datos reales.

Existen importantes lagunas de conocimiento en aspectos clave de las dinámicas biogeoquímicas de terminados sistemas productivos (como los sistemas extensivos suelo-animal) o zonas geográficas con características muy específicas, como la zona mediterránea.

Resulta especialmente importante redoblar los esfuerzos en investigación básica sobre

los tipos y flujos de emisiones, especialmente en su relación con los sistemas productivos y la gestión territorial.

El gráfico muestra el desequilibrio entre las publicaciones científicas referidas a un tema concreto y la importancia de las emisiones atribuidas a dicho tema en el Inventario Nacional de Emisiones.

Resulta especialmente reveladora la escasez de investigaciones sobre cuestiones clave en la gestión ganadera (como el metano entérico o el manejo de estiércoles) a pesar de que se les atribuyen emisiones muy significativas.

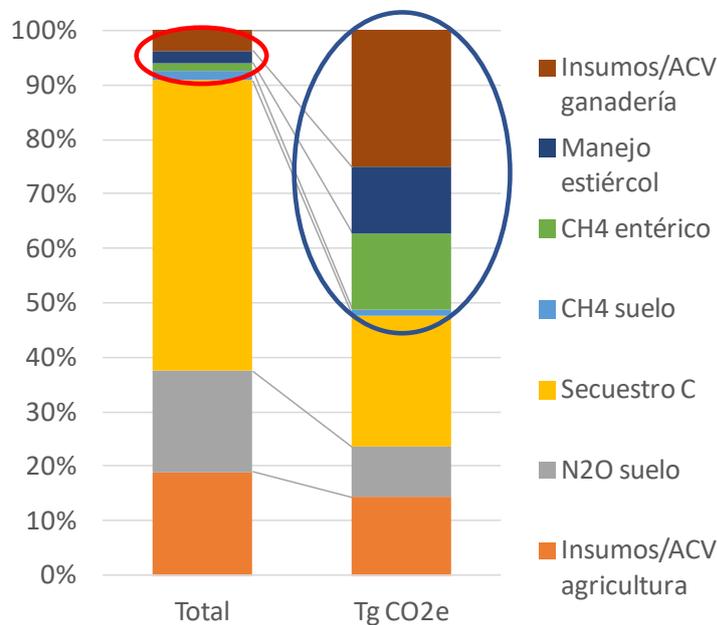


Figura 5: Relación entre el número de publicaciones científicas referidas a diferentes temas relacionados con la agricultura, la ganadería y el cambio climático y la importancia de las emisiones atribuidas a dicho tema en el Inventario Nacional de Emisiones. Datos procedentes del estudio Producción Ecológica Mediterránea y Cambio Climático: Estado del Conocimiento (Aguilera et al., 2018).

En el informe **Producción Ecológica Mediterránea y Cambio Climático: Estado del Conocimiento**, realizado en 2018 por la Cátedra de Ganadería Ecológica Ecovalia-Clemente Mata se evidencia la escasez de estudios sobre las emisiones de GEI de la ganadería extensiva en los países de clima mediterráneo; lo que perjudica enormemente a este sector a la hora de realizar los cálculos e inventarios por parte de las autoridades.

LA PERSPECTIVA TERRITORIAL

El elevado nivel de integración entre los sistemas pastoriles y los procesos ecosistémicos locales plantea otra cuestión clave a la hora de analizar el comportamiento de la ganadería extensiva en relación con el cambio climático: el nivel de emisiones de estos ecosistemas (o territorio) si la ganadería extensiva se eliminara, dejara de pastar en el territorio.

A lo largo del año un ecosistema terrestre, como un pastizal, genera una producción primaria de materia vegetal a través de la fotosíntesis de las plantas que utilizan CO_2 del aire. Las condiciones de temperatura, humedad, fertilidad y actividad biológica del suelo, entre otras, determinan la cantidad de biomasa que se produce en cada momento. Esta nueva materia vegetal se incorpora a raíces, tallos y hojas de las plantas, en forma de celulosa, almidón y otros hidratos de carbono, proteínas grasas, etc.

Una parte de esta biomasa constituye la base energética del resto del ecosistema, consumidores y descomponedores, que degradan una parte para obtener energía, devolviendo a la atmósfera la mayor parte del carbono que previamente habían captado las plantas.

Pero una parte pequeña aunque significativa se acumula en la biomasa y materia orgánica del suelo, donde permanece más o menos tiempo, dependiendo de su naturaleza. Hojas, pastos y raíces finas se reciclan en ciclos prácticamente anuales, y las estructuras lignificadas en ciclos de varios años, y de hasta cientos de años en los árboles más longevos. Igualmente, en el suelo existe materia orgánica lábil que es oxidada (respirada) por la microbiota del suelo en pocos años, y otra estabilizada, que puede permanecer en el suelo por cientos o miles de años.



El balance entre esta biomasa producida (fijación de CO_2) y la biomasa degradada por el ecosistema (emisión de CO_2) nos permite conocer si este ecosistema está fijando carbono (generando más biomasa de la que respira y, por tanto, acumulando una parte), si se encuentra en equilibrio (las emisiones producidas al respirar la biomasa se equilibran con el carbono fijado) o si es un emisor neto (degrada más biomasa de la que produce y, por tanto, está contribuyendo a aumentar las concentraciones de gases de efecto invernadero).

La red de organismos que consumen biomasa y la oxidan hasta CO_2 (para extraer la energía que encierran los enlaces químicos de las moléculas orgánicas) incluye desde los grandes herbívoros (domésticos o silvestres) hasta los más pequeños microorganismos del suelo. De forma general se puede decir que lo que no es consumido por unos, es consumido por otros. Por ejemplo, la biomasa que no consumiría la ganadería si ésta fuera excluida, sería consumida por otros grandes herbívoros (ciervos, corzos) y pequeños herbívoros (conejos, insectos...), y si no, sería consumida por hongos y bacterias del suelo. Por ello, la exclusión de la ganadería no necesariamente implicaría dejar de emitir CO_2 a la atmósfera.

De hecho, es bien conocido que la exclusión del pastoreo apenas tiene efecto en la acumulación de carbono orgánico en el suelo y en el mejor de los casos puede aumentar el carbono acumulado en la biomasa leñosa, pero siempre sería transitorio y a costa de aumentar el riesgo de incendio, que devuelven de forma brusca el carbono fijado en el ecosistema durante décadas.

En el caso de los combustibles fósiles la situación es distinta, ya que se trata de biomasa acumulada en depósitos hace



millones de años. Por lo tanto, su utilización implica añadir emisiones de GEI netas a la atmósfera, al contrario de lo que hacen los ecosistemas naturales y los sistemas agrarios, cuyos balances netos están cerca de la neutralidad, y es el uso de insumos lo que contribuye de forma significativa a las emisiones. En el caso de los sistemas basados en pastoreo resulta muy importante conocer el papel real que juegan los

animales domésticos en el balance global, para poder determinar claramente su nivel de emisiones. Y sólo se deben considerar emisiones de origen antrópicas aquellas que se evitarían si cesara la actividad productiva, y no aquellas que de forma natural seguirían existiendo. Estas últimas las definimos como nivel base de emisiones, y son comentadas en detalle en el siguiente apartado.

LOS NIVELES BASE DE EMISIONES DE LOS ECOSISTEMAS GESTIONADOS

El objetivo, por tanto, consiste en estimar el valor de las emisiones totales de GEI en ausencia de animales domésticos, y compararlo con el nivel de emisiones cuando se incorpora la ganadería extensiva, para ver si realmente el pastoreo genera emisiones adicionales o no, y en qué proporción. En ausencia de pastoreo la biomasa de los pastos será procesada por otros consumidores. Hay que tener en cuenta, además, que los rumiantes salvajes no cuentan con una planificación del pasto, con lo que el aprovechamiento de éste es menos regular.

La biomasa que estos organismos no consuman se acumulará en el ecosistema, normalmente en forma de madera y celulosa. Al no darse la labor de retirada de los herbívoros domésticos, habitualmente lo que se produce es la matorralización de los pastos, es decir que esta biomasa se acumula en forma de madera en los matorrales, que crecen favorecidos por la desaparición de los herbívoros que los mantenían bajo control. El resultado es que se incrementa notablemente el riesgo de incendios forestales que, cuando se producen, oxidan violentamente toda esta materia, emitiendo enormes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, incluyendo emisiones significativas de metano.

La contribución fundamental de los rumiantes en estos sistemas es la de transformar parte de esta producción

vegetal (sobre todo fibras ligno-celulósicas, muy difíciles de digerir para otras especies) en tejidos animales, gracias a la poderosa función digestiva de sus estómagos múltiples. De esta forma los rumiantes transforman en alimento para el resto de la cadena alimentaria (incluidos los humanos) biomasa vegetal que de forma directa no serviría para alimentarnos.

Y esto es así en el 70% de la superficie terrestre utilizada por las actividades agropecuarias, aquellas tierras no cultivables por sus condiciones marginales, de climas, suelos o pendientes desfavorables. Esos territorios solamente pueden ser aprovechados por la ganadería en pastoreo, en caso contrario no sirven para producir alimentos para la población humana. Por eso no es válido comparar la superficie agrícola necesaria para producir alimento de origen vegetal frente a alimento de origen animal, porque gran parte de la superficie terrestre sólo es aprovechable por rumiantes y no puede cultivarse.

Si estas superficies se roturasen para su cultivo, se degradarían de forma inmediata, con costes ambientales muy superiores a los que supuestamente se evitarían al cambiar la producción animal por la vegetal. Este argumento es lógicamente aplicable a la ganadería extensiva que consume fibras vegetales ligno-celulósicas en tierras no aptas para la agricultura. Pero no para la



ganadería industrial que consume forrajes y sobre todo cereales producidos en tierras cultivables, y que si compiten con la producción de alimentos de origen vegetal.

Un efecto adicional del pastoreo es que una parte de la biomasa que consumen los rumiantes, resulta indigerible por el animal, y retorna al suelo en forma de heces, que a su vez son vorazmente atacadas por el grupo de los descomponedores, retornando al suelo numerosos nutrientes que quedan disponible para las plantas. En ausencia de rumiantes los nutrientes quedan más tiempo inmovilizados en las estructuras vegetales (biomasa o materia orgánica de lenta descomposición). Los rumiantes contribuyen así a la fertilidad del suelo y potencian la vida microbiana, que, a su vez, es clave para

favorecer un crecimiento óptimo de las plantas y la acumulación de carbono en el conjunto del ecosistema. De hecho existen numerosos estudios que han mostrado que con un pastoreo equilibrado se secuestra más carbono en el suelo que en ausencia de pastoreo o con sobrepastoreo (Chen y col 2015).

Lógicamente, en el proceso se emiten también gases de efecto invernadero, incluido metano que forma el grueso de las emisiones atribuidas al extensivo, pero es importante tener en cuenta el conjunto de las emisiones de todo el sistema y compararlo con la línea base (es decir, las emisiones cuando hemos retirado los animales domésticos) tal y como se explica en la figura 6.

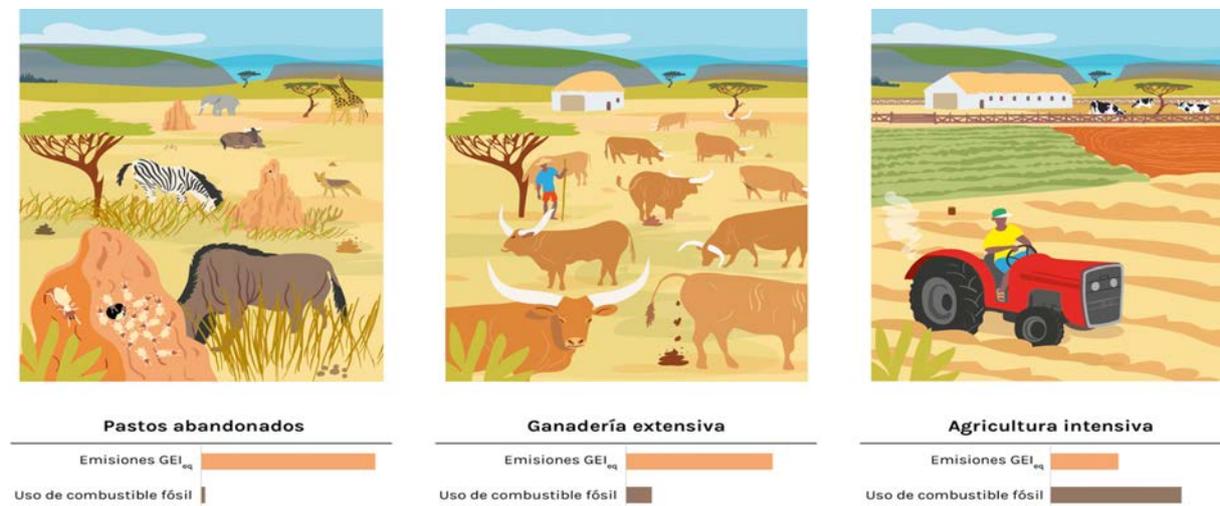


Figura 6: Comparación entre las emisiones en diferentes fases de un ecosistema de pastizal _ Manzano, P. (2019) Niveles de referencia en sistemas ganaderos: claves para identificar impactos. Red Remedia. Adaptado y traducido del artículo original publicado en inglés en "Climate Research" (Manzano & White, 2019) con permiso de la editorial.

En definitiva, si se opta por la retirada de los animales en pastoreo para reducir las emisiones, lo que tendremos será una mayor fermentación por rumiantes salvajes, hormigas y termitas que también generan grandes cantidades de metano, a lo que se une una mayor incidencia y emisiones de

los incendios forestales y una pérdida de la capacidad del ecosistema para fijar carbono, lo que, en conjunto, daría un incremento neto de las emisiones. Un artículo, incluido en el recuadro siguiente, estima que los pastizales de California tendrán mayor capacidad para secuestrar carbono en el



El argumento de la línea base de emisiones es muy interesante para la ganadería extensiva. Hay dos referencias clave para desarrollarlo, el artículo científico en el que Manzano y White exponen el fundamento de esta argumentación:

Manzano & White (2019). *Intensifying pastoralism may not reduce greenhouse gas emissions: wildlife-dominated landscape scenarios as a baseline in life-cycle analysis.* *Clim Res* 77:91–97

Y un **artículo de opinión del propio Pablo Manzano publicado en El País** donde lo explica con detalle y en castellano.

También incluimos dos artículos en inglés que profundizan en varios de los aspectos mencionados en este capítulo, especialmente la capacidad de los pastos como sumideros de carbono:

Chen, W., Huang, D., Liu, N., Zhang, Y., Badgery, W. B., Wang, X., & Shen, Y. (2015). *Improved grazing management may increase soil carbon sequestration in temperate steppe.* *Scientific Reports*, 5, 10892. <https://doi.org/10.1038/srep10892>

Dass, P., Houlton, B. Z., Wang, Y., & Warlind, D. (2018). *Grasslands may be more reliable carbon sinks than forests in California.* *Environmental Research Letters*, 13, 074027.

suelo a lo largo del siglo XXI que los bosques que los replazarían si el pastoreo cesara, este resultado se debe, en buena parte, al menor riesgo de incendios.

Una cuestión más, en esta línea argumental, se refiere a la eficiencia. La ganadería extensiva es a menudo acusada de ser poco eficiente en el uso de los recursos (tierra, nutrientes, agua, etc.) y, por tanto, de emitir más que otras modalidades más industrializadas, que producen cada unidad de alimento con menor consumo de recursos (superficie agrícola, forraje y agua). El planteamiento técnico que defiende este tipo de afirmación se apoya en una generalización de los procesos difícil de sostener cuando se trabaja con un nivel de detalle mayor.

La ganadería extensiva se presenta como de menor eficiencia porque aprovecha menos el alimento que se da a los animales, en el sentido de que hacen falta más kilogramos de alimento para obtener una unidad de producto. Esa relación entre kg de alimento y unidad de producto es la manera habitual para calcular la eficiencia en explotaciones intensivas.

Es cierto que la ganadería extensiva utiliza ciclos de vida más largos y que los animales, al moverse y estar en el exterior utilizan

más energía en su propio metabolismo y menos en producir carne o leche. Pero este argumento falla al considerar como equivalente el alimento que se da a los animales en pastoreo con el que se da a los animales estabulados.

El pastoreo de rumiantes se apoya en utilizar, como base de la alimentación, vegetación natural, más rica en fibras vegetales (celulosa y lignina) que son indigeribles para otras especies. La principal ventaja de cabras y ovejas consiste en que su producción se basa en fibras duras, indigestas, que no sirven para la alimentación humana y por lo tanto no compiten con ella. Lógicamente, el proceso de transformación es más lento y consume más energía, pero es que la materia prima es totalmente diferente y de mucha peor calidad.

Contrariamente al enunciado, si se considera el tipo de fibras que los rumiantes aprovechan, la más abundante y la menos útil para la alimentación humana, resulta que su eficiencia es altísima en comparación con la ganadería industrial, ya que ésta, simplemente, no transforma la misma materia prima. La alimentación en la ganadería intensiva se apoya fundamentalmente en productos concentrados a partir de cereales, soja y otras leguminosas.

Este tipo de materias son análogas a las utilizadas para la alimentación humana, por lo que en su producción compiten directamente con las producciones alimentarias, lo que no sucede con la alimentación animal basada en pastoreo cuya materia base es indigerible para las personas.

Una situación similar se da a nivel de ocupación y gestión del suelo. El pastoreo es acusado de ser poco eficiente en el uso de suelo porque demanda superficies mucho más grandes que la ganadería industrial. No obstante, esta última realiza una ocupación exclusiva de su base territorial: tanto el espacio donde se instala la explotación como los terrenos de cultivo que la proveen de alimento solamente se pueden utilizar para esa actividad, limitando enormemente otros usos alternativos o complementarios.

En cambio, la ganadería extensiva, aunque necesite superficies mayores de suelo, permite la coexistencia de numerosos usos y producciones simultáneas (pasto, leña, frutos, miel, turismo, caza) en unas condiciones, además, compatibles con una alta calidad ambiental y elevados niveles de biodiversidad.

El consumo de otros recursos naturales, y fundamentalmente de agua y del suelo, sigue un patrón similar: el consumo de agua en las explotaciones extensivas se integra en los ciclos locales de agua, la fuente principal son las precipitaciones y escorrentías de la base territorial (charcas, arroyos y corrientes de agua locales), y tras su uso, el agua se devuelve, de inmediato, al medio del que procede, cerrando con ello el ciclo hídrico natural.

De esta forma, se realiza un consumo no exclusivo y que no degrada el recurso. Por el contrario, una instalación industrial necesita abastecimiento, canalizaciones e instalaciones y realiza un consumo excluyente y privativo que tiene un impacto ambiental asociado, además de generar aguas residuales que demandan tratamientos adicionales debido a su alto nivel de contaminación bioquímica, y que tienen unas emisiones asociadas.

En definitiva, mientras que en el caso de la ganadería industrial sí cabe hablar de consumo de recursos (agua y suelo), en el caso de la ganadería extensiva sólo cabe hablar de uso de recursos, pues estos no se consumen ni compiten con usos alternativos.

Un estudio publicado en inglés en la revista *Agricultural Systems*, y titulado *Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems* muestra como una granja basada en pastoreo puede, si adopta un modelo de gestión adecuado, tener un comportamiento global positivo frente al cambio climático. La instalación objeto de la investigación secuestra más carbono del que emite, incluso aunque desarrolla actividades que se consideran como dominio casi exclusivo de la ganadería intensiva, como el cebo de terneros.



EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GANADERÍA EXTENSIVA

El cambio climático perjudica la producción ganadera tanto de formas directas como indirectas. Las repercusiones más importantes afectan a la salud y bienestar de los animales, a la productividad, a la producción, calidad y estacionalidad de los pastos, y a la programación del uso de los pastos.

La subida de las temperaturas provoca estrés térmico en los animales, lo que tiene una serie de repercusiones negativas: reducción del crecimiento y la producción, disminución de las tasas de reproducción y mayores tasas de mortalidad. El estrés térmico también reduce la resistencia de los animales a los patógenos, parásitos y vectores, ya que las crecientes temperaturas favorecen la supervivencia invernal de éstos. Así, múltiples factores estresantes afectan considerablemente a la producción, la reproducción y el estado inmunitario de los animales.

La creciente variabilidad de las lluvias provoca escasez de agua potable, el aumento de la incidencia de las plagas y enfermedades del ganado, y cambios en su distribución y transmisión. También afecta a las especies que componen los pastos, los rendimientos de los mismos y la calidad del forraje.

La evaluación de las consecuencias del cambio climático sobre la ganadería representa, sin duda, una tarea compleja teniendo en cuenta la diversidad de sistemas ganaderos existentes, en los cuales el impacto de las variaciones climáticas puede tener distintos resultados. Los principales efectos esperables del cambio climático sobre la ganadería extensiva se resumen en la siguiente tabla, extraída de un estudio de la Junta de Andalucía (2012) sobre adaptación:

Afección del ganado por estrés térmico debido al incremento de las temperaturas máximas y al aumento del periodo en el que las máximas superan los umbrales de confort térmico de las distintas cabañas ganaderas.

Mortalidad animal por incremento de situaciones de estrés térmico

Merma de la producción ganadera por malestar animal y desajuste de las dietas que reducen la ingesta del ganado.

Reducción de la mortalidad neonatal de corderos, cabritos y terneros debido al incremento de la temperatura, que reduce las épocas de frío en la que la mortalidad neonatal es más importante.

Reducción de la disponibilidad de pastos por endurecimiento del régimen de sequías.

Reducción de la disponibilidad de pastos debido al aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias torrenciales que incrementan el poder erosivo pluvial.

Reducción de la capacidad de carga de los pastizales como consecuencia de la menor productividad de pastos.

Afección al sector del seguro ganadero debido al aumento del número de cabezas ganaderas afectadas por estrés calórico.

Aumento de los costes de producción con objeto de mantener en condiciones adecuadas de hidratación, ventilación y temperatura al ganado en explotaciones intensivas.

Reducción de la diversidad de especies ganaderas con dificultades para adaptarse de manera natural al cambio climático. A la larga esto puede desembocar en su extinción.

Cambio en los patrones de las plagas y las enfermedades debido a los cambios en el régimen de temperaturas y precipitación.

Tabla 2: Principales efectos del cambio climático sobre la ganadería. Junta de Andalucía (2012)

Además de los efectos derivados del aumento de las temperaturas, los periodos de sequía y los eventos climáticos extremos, hay algunos factores no climáticos que incrementan la vulnerabilidad de la ganadería

extensiva al cambio climático, como son la sedentarización del ganado, la pérdida de terrenos y de prácticas comunales o la pérdida de conocimiento tradicional sobre el manejo sostenible y razas autóctonas.

El informe **Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España**, editado por la Oficina Española de Cambio Climático y el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente en 2016 y cuyos autores son Agustín Rubio y Sonia Roig, es a día de hoy la principal recopilación de información sobre ganadería extensiva y cambio climático en España, y recoge no solamente los principales efectos detectados, sino también una amplia oferta de estrategias de mitigación y adaptación.

El **Estudio básico sobre adaptación de la ganadería al cambio climático**, publicado por la Junta de Andalucía, no diferencia entre ganadería extensiva e intensiva, pero constituye una buena aproximación a la adaptación y resulta igualmente interesante en el contexto del sur de España.

AFRONTANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO: ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y DE MITIGACIÓN

El pastoreo es considerado, a nivel global, no sólo como una actividad clave para la economía verde y el desarrollo y bienestar de millones de personas (reconocida por prestigiosos organismos internacionales, como la FAO o PNUMA), sino también como una herramienta de lucha contra el cambio climático.

A su favor cuenta, por ejemplo, con su histórica capacidad de adaptación a variables sociales y ambientales, así como su resiliencia y su papel en la gestión y gobernanza territorial. El pastoreo móvil es una forma de vida que ha evolucionado en ambientes con un nivel de incertidumbre climática muy elevada (desiertos y zonas áridas, montañas, tundras, etc.), desarrollando numerosas estrategias para asegurar su supervivencia y rentabilidad, para adaptarse y para gestionar los riesgos naturales. Estas habilidades lo convierten ahora en una referencia clara para otras actividades que buscan estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático.

Algunas de las características clave del pastoreo de cara a su adaptación al cambio climático son intrínsecas al modelo productivo. La más evidente de todas ellas es la movilidad. El pastoreo, al ser móvil, permite alejarse de algunas catástrofes climáticas inminentes, como sequías o picos de calor, buscando refugio en terrenos con mejores condiciones. También permite gestionar la disponibilidad de alimento, trasladando a los animales en busca de condiciones óptimas del pasto y garantizando los periodos de descanso de los pastizales.

Finalmente, permite aprovechar recursos diversos y alejados, y también acercarse físicamente a los mercados en los momentos adecuados para la comercialización. Las trashumancias, como estrategias de movilidad tanto de corto como de largo recorrido, marcan una capacidad máxima de adaptación, ya que sus recorridos tienen en consideración la gran variedad climática de los territorios que atraviesan.

El trabajo sobre el **Pastoreo móvil en el Mediterráneo**, publicado por el Consorcio Mediterráneo para la Naturaleza y la Cultura (CMNC) y firmado por Pablo Manzano y Concha Salguero, recoge argumentos y evidencias de que el pastoreo es un elemento clave en la lucha contra el cambio climático, especialmente en regiones sometidas a una gran irregularidad climática, como es el caso de las zonas mediterráneas.

Más allá de este planteamiento, el trabajo apunta con argumentos muy sólidos la necesidad de generar cambios políticos para extraer todo el potencial que esta actividad tiene de cara a la adaptación y mitigación frente al cambio climático y a la provisión de servicios que benefician al conjunto de la sociedad.

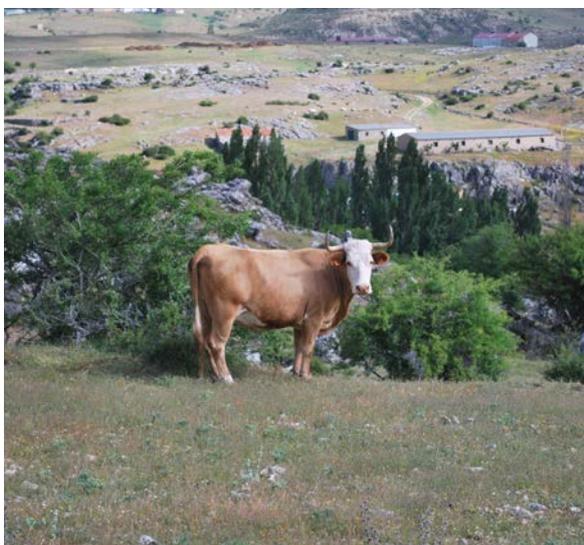
Otra característica clave para la adaptación es la gran variedad de recursos territoriales que se aprovechan de forma no excluyente, y que permiten optimizar la alimentación del ganado y ajustarla a las características climáticas de cada momento. En esta misma línea es muy importante el uso de espacios comunales y terrenos públicos, o el acceso a recursos que temporalmente no se utilizan para el cultivo u otras actividades. Así, la ganadería extensiva puede acceder a un gran conjunto de recursos naturales optimizando la alimentación tanto en lo relativo a su cantidad como a su calidad y a la correcta gestión de los pastos. Aquí cabe citar más allá de los pastos, el aprovechamiento de rastrojeras, sotobosque, frutos silvestres como la bellota, y formaciones arbustivas.

Las razas autóctonas también son un elemento esencial, pues están adaptadas no sólo a ambientes locales sino también a las prácticas de la comunidad. Esto no significa que sean variedades estáticas, sino que los propios ganaderos y ganaderas continúan

mejorándolas y adaptándolas a una realidad cambiante.

La gestión del riesgo es otra de las estrategias características del pastoreo que resulta clave para su adaptación. A la posibilidad de moverse se une la posibilidad de reajustar rápidamente el tamaño del rebaño para prevenir situaciones de riesgo. Por ejemplo, ante una sequía prolongada se pueden vender animales, reducir el tamaño del rebaño y hacer frente a la necesidad de comprar alimento para los restantes. En una época mejor, el número de animales de reposición se eleva para aumentar el rebaño y aprovechar la abundancia. También otras estrategias ligadas al riesgo, como los seguros agrarios, pueden contribuir a aumentar la resiliencia y mejorar la adaptación de este tipo de ganaderías.

Otras propuestas de adaptación incluyen medidas más específicas, como la utilización de dietas más variadas a partir de plantas silvestres y leguminosas, menos metagénicas,



más ricas en proteínas, ácidos grasos y taninos. También la potenciación de la base territorial y la autosuficiencia forrajera de las granjas, incrementando la calidad de la producción para poder trabajar con menos animales, pero con mayor valor añadido.

También, en la línea de actuaciones prácticas sobre los pastos resulta importante la implantación de sistemas agrosilvopastorales, con más árboles y arbustos y una gestión optimizada de la biomasa, incrementar la proporción de leguminosas para que nuestros pastos tengan una menor ratio

C/N e integrar las producciones agrícolas y ganaderas, siguiendo criterios de economía circular.

En la misma línea, y de cara a afrontar la vulnerabilidad, resulta de gran importancia recuperar y mantener en buen estado las vías pecuarias, los comunales y la movilidad del ganado (la trashumancia y trasterminancia) así como diversificar las razas y variedades con las que se trabaja, optando por las más adaptables y resilientes, de las que nuestras razas autóctonas ofrecen excelentes ejemplos.

Numerosos proyectos han empezado a abordar a nivel europeo y en nuestro país el potencial de adaptación (y mitigación) de la ganadería extensiva. Cabe destacar el proyecto [Life Live-ADAPT](#), que ha colaborado especialmente en la redacción de este cuaderno. El proyecto [Life Regenerate](#) está explorando prácticas de adaptación al cambio climático para la dehesa ibérica. Las propuestas de manejo de suelo, pasto y arbolado para la adaptación y mitigación del cambio climático las sintetiza Gerardo Moreno, de la Universidad de Extremadura, en el [Boletín nº 16 \(pp 16-24\) de la Asociación Nacional de la raza Retinta](#).

También la [Cátedra de Agroecología y Sistemas Alimentarios de la Universidad de Vic](#), con el apoyo de la Fundación Biodiversidad, ha puesto en marcha un proyecto para identificar cómo se adaptan al cambio climático las personas que se dedican a la ganadería extensiva en España. Su [video explicativo](#) sobre el tema es una referencia obligada para divulgar la importancia del papel de la ganadería extensiva en la lucha contra el cambio climático.

Otros proyectos europeos y españoles relacionados con el tema son el proyecto [Infoadapta-Agri](#), promovido por la Unión de Pequeños Agricultores UPA, el proyecto [Life Agri-ADAPT](#) en el que participa la Fundación Global Nature o el [Life Polyfarming](#).

La gran ventaja del pastoreo es que, no solamente se puede mejorar la gestión de los animales, sino también la de los pastos. La integración del pastoreo en los procesos ecológicos locales permite intuir un mecanismo de adaptación igualmente de base ecosistémica, consistente en diversificar las estructuras e incrementar la biodiversidad de los diferentes tipos de pastizales para aumentar su propia resiliencia, y por tanto, la de todo el sistema pastoralista.

La complejidad y dinamismo de los pastos, especialmente los herbáceos, aseguran una rápida respuesta y adaptación a las condiciones ambientales, tanto a la variabilidad actual como a los futuros escenarios climáticos a medio y largo plazo. El manejo de los pastos -tanto los pastos herbáceos como los leñosos- en términos

de incremento de la diversidad de especies que los componen, la extensión de sus periodos productivos, el enriquecimiento en leguminosas, la potenciación de sus cualidades edáficas, etc., incrementa, de forma notable, su capacidad de adaptación. Además, los pastos mejorados incrementan su capacidad de almacenamiento de carbono, con lo que permiten abordar, de forma simultánea la adaptación y la mitigación.

Los sistemas pastorales, en todo caso, tienen un gran potencial de mitigación. Principalmente porque los pastos y ecosistemas similares almacenan grandes cantidades de carbono en el suelo, constituyendo uno de los mayores sumideros para secuestro de carbono a largo plazo. Por el contrario, los pastos degradados o

roturados, frecuentemente causados por la intensificación de la actividad ganadera, pueden tener un efecto contrario igualmente notable, emitiendo carbono a la atmósfera. El potencial de almacenamiento de carbono de los pastos se recoge ampliamente en el informe del IPCC sobre el suelo.

Así las cosas, la gestión sostenible de los pastos es una acción esencial para mitigar el cambio climático, y una programación adecuada de su uso, incluyendo la carga ganadera óptima en cada momento y los periodos adecuados de pastoreo y también de descanso, resultan fundamentales para adoptar una estrategia de mitigación a largo plazo, especialmente en zonas áridas y semiáridas, en ambientes mediterráneos y en territorios marginales.

Otra cuestión, en este sentido, es que el potencial de los pastos para fijar carbono

está estrechamente relacionado con otros factores climáticos, como la estacionalidad o la disponibilidad de agua, lo que significa que las prácticas que se dirigen a mejorar el ciclo del agua en los suelos de pasto o a incrementar los periodos vegetativos constituyen también importantes estrategias de mitigación.

Esta consideración conjunta de las dos vías de hacer frente al cambio climático, a través de la adaptación y la mitigación, es una de las principales capacidades del pastoreo en el contexto del cambio climático.

El gráfico siguiente, adaptado del trabajo de Marta Rivera-Ferre y utilizado como referencia en el proyecto Life Live-ADAPT, muestra el potencial conjunto de diversas propuestas de actuación para hacer frente de forma simultánea a las necesidades de adaptación y mitigación del cambio climático en el contexto de la ganadería extensiva.



Figura 7: Adaptado de Rivera-Ferre et al. (2016) _ Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options.

Entre los cambios en el manejo que se están llevando a cabo para mejorar la adaptación al cambio climático, ya se están ensayando nuevas formas de almacenamiento de agua (línea clave) y estrategias para reducir la evaporación en charcas, por ejemplo, introduciendo sistemas inteligentes de bebederos. Además, se está trabajando con setos forrajeros y sombras comestibles,

mejorando la gestión de los sistemas silvopastorales, sembrando especies de pasto más resistentes, introduciendo mayores proporciones de leguminosas y respetando los ritmos biológicos de los pastizales. También es importante avanzar en la multifuncionalidad y hacia una mayor conexión con la agricultura.



A MODO DE CONCLUSIÓN

La ganadería extensiva, por su propia definición, es precisamente un sector productivo que se adapta continuamente y de forma dinámica a las características y condicionantes de los sistemas basados en pastizales y mosaicos.

A partir de los argumentos expuestos a lo largo de este cuaderno, se puede concluir que la ganadería extensiva no constituye un problema que esté actualmente contribuyendo al cambio climático, sino que es víctima y también parte de la solución. Para luchar contra las dificultades y la demonización de la producción animal extensiva, basada en pastoreo, es necesario impulsar buenas prácticas en el sector, incrementar el apoyo social y político a la producción extensiva, potenciar los bienes públicos y privados y los servicios ecosistémicos que produce y garantizar la sostenibilidad de los aprovechamientos.

Al cambio climático se suman otros problemas que están complicando mucho la situación de la ganadería extensiva en España. Uno de ellos es el relevo generacional, insuficiente para mantener la actividad. Hay un número creciente de personas venidas de fuera del rural, con edades y procedencias muy diversas, pero hasta ahora no se están teniendo en cuenta

en las políticas agrarias. La formación y el acompañamiento de estas nuevas entradas debe priorizarse y planificarse dentro de las políticas públicas, ya que puede ser un modo de garantizar cierto futuro a la actividad, ya que las nuevas generaciones están más abiertas al cambio del modelo productivo y parecen capaces de desarrollar nuevos modelos de negocio basados en los usuarios finales, desarrollar sistemas de explotación más sostenibles, nuevos modelos organizativos y mejorar las conexiones entre las explotaciones y las comunidades locales, particularmente en áreas con un abandono del terreno considerable y/o despoblación. Y es que ser ganadero y ganadera es mucho más que poseer ganado, es formar parte de la sociedad rural, revitalizándola.

En este sentido, es clave el papel que las mujeres ganaderas juegan ya en el presente y pueden jugar en el futuro, mejorando los lazos de cercanía con las personas consumidoras, estando atentas a la innovación y, al mismo tiempo, a la transmisión del saber y el conocimiento tradicional.

En síntesis, ejerciendo su actividad con una mirada que va mucho más allá de lo meramente productivo. El horizonte que se propone es, claramente, una apuesta por la

ganadería extensiva no sólo como opción de consumo, sino también como gestor, mantenedor y recuperador de paisaje.

Otra de las adaptaciones más evidentes que resulta necesario abordar en el contexto de la relación entre el cambio climático y la ganadería extensiva recae en el campo de la alimentación. A estas alturas ya resulta indudable que se necesita un cambio radical de modelo alimentario para combatir el cambio climático.

Una alimentación sostenible, de base agroecológica, donde se valore y se priorice el consumo de productos locales, alimentos que contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático, que favorezcan el empleo, la economía y la cultura del medio rural, que se integren en los ciclos ecológicos locales y que generen servicios ecosistémicos relevantes que, a veces, son tan importantes como la propia huella de carbono.

Finalmente, en un contexto en el que resulta necesario reducir el consumo de carne en Europa, es esencial elegir aquella que tiene un claro potencial de mitigación del cambio climático, además de ofrecer otros servicios ecosistémicos.

Para ellos es necesario efectuar avances claros hacia la diferenciación de los productos de extensivo en los mercados, para que las personas consumidoras puedan elegir qué comprar. Si se alcanza una mayor información y sensibilización de las personas consumidoras y éstas pueden realmente elegir, las ganaderas y ganaderos mejorarán la viabilidad de sus explotaciones y estarán mejor preparados para afrontar los retos del cambio climático.

Para ello, la ganadería extensiva debe evitar ser un simple eslabón de la cadena de la producción industrial de carne, y apostar por modelos de producción basados en la alimentación a pastos, con una mejor gestión de los recursos forrajeros propios.

Los estándares de bienestar animal, y la posibilidad de certificar carnes y otros productos basados en el consumo de pastos, ofrecen la oportunidad de acceder a un nicho de mercado diferenciado dispuesto a pagar por alimentos bajos (o neutros) en emisiones y por los servicios ambientales que la ganadería extensiva presta a la sociedad y al territorio.



BIBLIOGRAFÍA

- Aboagye, I. A., & Beauchemin, K. A. (2019). *Potential of Molecular Weight and Structure of Tannins to Reduce Methane Emissions from Ruminants: A Review*. *Animals*, 9(11), 856. <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/11/856/pdf>
- Aguilera, E., Díaz-Gaona, C., Reyes-Palomo, C., García-Laureano, R., Sánchez-Rodríguez, M. & Rodríguez-Estévez, V (2018) Producción Ecológica Mediterránea y Cambio Climático: Estado del Conocimiento. Cátedra de Ganadería Ecológica Ecovalia-Clemente Mata. Universidad de Córdoba. <https://www.researchgate.net/publication/331684742>
- Allen, M.R. et al. (2017) *Climate metrics under ambitious mitigation*. [https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/Climate Metrics %20 Under %20 Ambitious%20 Mitigation.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/Climate%20Metrics%20Under%20Ambitious%20Mitigation.pdf)
- Bernues, A., Rodríguez-Ortega, T., Ripoll-Bosch, R., & Alfnes, F. (2014). *Socio-cultural and economic valuation of ecosystem services provided by Mediterranean mountain agroecosystems*. *PloS one*, 9(7). <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0102479>
- Chen, W., Huang, D., Liu, N. et al. (2015) *Improved grazing management may increase soil carbon sequestration in temperate steppe*. *Sci Rep* 5, 10892. <https://doi.org/10.1038/srep10892>
- Dass, P., Houlton, B. Z., Wang, Y., & Warlind, D. (2018). *Grasslands may be more reliable carbon sinks than forests in California*. *Environmental Research Letters*, 13(7), 074027. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aac39/pdf>
- Fernández Rebollo P., Carbonero Muñoz D., García Moreno, A. (2015). *Contribución de la ganadería extensiva al mantenimiento de las funciones de los ecosistemas forestales*. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 39: 147-162 (2015) http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/download/17458/17246/
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. FAO. En <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>
- Herrera P.M., Majadas, J., Ramírez N., Esteban, A., Rico, L. (2018) *Huella ecológica, económica, social y sanitaria de la Ganadería en España*. Fundación Entretantos. http://www.entretantos.org/wp-content/uploads/2018/05/InformeHuella_2018.pdf
- IPCC (2020) *Climate Change and Land*. Special Report. WMO & UNEP. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Junta de Andalucía (2012) *Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático Sector Ganadería*. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/clima/actuaciones_cambio_climatico/adaptacion/vulnerabilidad_impactos_medidas/informes_basicos/ganaderia.pdf
- Kou, Y., Li, J., Wang, Y., Li, C., Tu, B., Yao, M., & Li, X. (2017) *Scale-dependent key drivers controlling methane oxidation potential in Chinese grassland soils*. *Soil Biology and Biochemistry*, 111, 104-114. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071717304674?>
- Manzano P- (2019) *Niveles de referencia en sistemas ganaderos: claves para identificar impactos*. Blog Red REMEDIA. <https://redremedia.wordpress.com/2019/10/17/niveles-de-referencia-en-sistemas-ganaderos-claves-para-identificar-impactos/>
- Manzano, P. (2019) *No culpen al pastoreo del cambio climático*. *Diario El País*. https://elpais.com/elpais/2019/02/21/planeta_futuro/1550749038_126782.html
- Manzano, P., & White, S. R. (2019). *Intensifying pastoralism may not reduce greenhouse gas emissions: wildlife-dominated landscape scenarios as a baseline in life-cycle analysis*. *Climate Research*, 77(2), 91-97. <https://www.int-res.com/abstracts/cr/v77/n2/p91-97/>

- Manzano-Baena, P., Salguero-Herrera, C., & Zogib, L. (2018). *Pastoreo Móvil en el Mediterráneo*. Febrero de 2018. <https://tinyurl.com/yyp84cga>
- Moreno G., Llorente, M., (2019) *Sistemas ganaderos ligados a la Dehesa: Alimentos que mitigan el Cambio Climático*. Blog Red REMEDIA . <https://redremedia.wordpress.com/2019/12/05/sistemas-ganaderos-ligados-a-la-dehesa-alimentos-que-mitigan-el-cambio-climatico/#more-7975>
- Moreno G., Rolo, V. (2019) *Agroforestry practices: silvopastoralism* in Mosquera-Losada, M. R., & Prabhu, R. (2019). *Agroforestry for sustainable agriculture*. Burleigh Dodds Science Publishing. DOI: <https://doi.org/10.19103/AS.2018.0041.05>
- Rivera-Ferre, M. G., López-i-Gelats, F., Howden, M., Smith, P., Morton, J. F., & Herrero, M. (2016). *Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 7(6), 869-892. <https://doi.org/10.1002/wcc.421>
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). *Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation*. Climate Risk Management, 16, 145-163. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>
- Rubio, A., Roig, S. (2017) *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España*. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/informe_ganaderia_extensiva_tcm30-435573.pdf
- Stanley, P. L., Rowntree, J. E., Beede, D. K., DeLonge, M. S., & Hamm, M. W. (2018). *Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems*. Agricultural Systems, 162, 249-258. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.02.003>
- Tang, S., Zhang, Y., Zhai, X., Wilkes, A., Wang, C., & Wang, K. (2018). *Effect of grazing on methane uptake from Eurasian steppe of China*. BMC ecology, 18(1), 11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29558936>
- Torralba, M., Fagerholm, N., Hartel, T., Moreno, G., & Plieninger, T. (2018) *A social-ecological analysis of ecosystem services supply and trade-offs in European wood-pastures*. Science advances, 4(5), eaar2176. <https://advances.sciencemag.org/content/4/5/eaar2176>
- Wang, K., Deng, L., Ren, Z., Li, J., & Shangguan, Z. (2016). *Grazing exclusion significantly improves grassland ecosystem C and N pools in a desert steppe of Northwest China*. Catena, 137, 441-448. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880911004385?>
- Zhu, Y., Merbold, L., Leitner, S., Xia, L., Pelster, D. E., Diaz-Pines, E., ... & Butterbach-Bahl, K. (2020). *Influence of soil properties on N₂O and CO₂ emissions from excreta deposited on tropical pastures in Kenya*. Soil Biology and Biochemistry, 140, 107636. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071719303001?via%3Dihub>

