

De las emisiones a la resiliencia: el sistema agroalimentario en la agenda climática

Agustin del Prado agustin.delprado@bc3research.org

Investigador ikerbasque

BC3 Basque Centre For Climate Change-Klima Aldaketa Ikergai

http://www.bc3research.org/en/agustin_del_prado.html



BC3 BASQUE CENTRE FOR
CLIMATE CHANGE
Klima Aldaketa Ikergai

ikerbasque
Basque Foundation for Science

La paradoja agroalimentaria: víctima y culpable

Víctima



- **3.8 B \$** en cultivos y Ganado perdidos por cambio climático en los últimos 30 años
- **Casi el 90%** de planes nacionales (NDCs) reportan riesgos severos para la Seguridad alimentaria

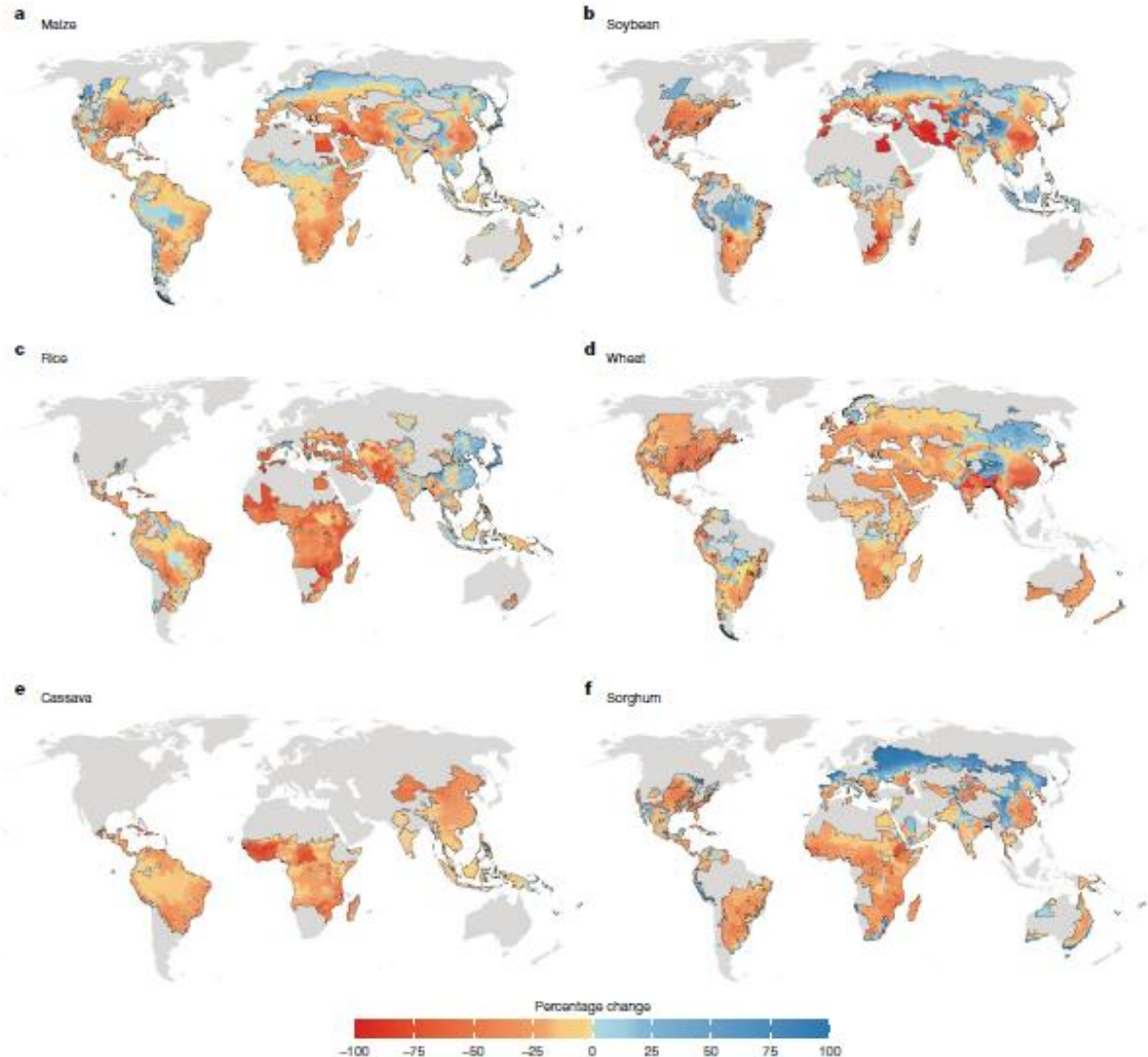
Culpable



- El sector Agroalimentario genera el **35 % de las emisiones de GEI** antropogénico
- **La mitad de las emisiones** del sistema alimentario provienen de los alimentos que se pierden en la cadena de suministro

*El sector enfrenta pérdidas históricas por cambio climático...
.. mientras genera una parte importante de las emisiones GEI*

Variación de los rendimientos de los cultivos a finales de siglo como consecuencia del cambio climático



La adaptación y el aumento de los ingresos (de algunos países) mitigarían el 23 % de las pérdidas mundiales en 2050 y el 34 % a finales de siglo.



Article

Impacts of climate change on global agriculture accounting for adaptation

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09085-w>

Received: 17 February 2023

Accepted: 29 April 2025

Published online: 18 June 2025

Andrew Hultgren^{1,2,3}, Tamma Carleton^{4,5}, Michael Delgado⁶, Diana R. Gergel^{1,2}, Michael Greenstone^{7,8,9}, Trevor Houser⁴, Solomon Hsiang^{10,11}, Amir Jina¹², Robert E. Kopp⁹, Steven B. Malevich⁴, Kelly E. McCusker⁴, Terin Mayer¹³, Ishan Nath¹, James Rising¹⁴, Ashwin Rode⁵ & Jiafan Yuan¹⁵

Hultgren *et al.*, 2025 Nature

Riesgos e impactos en sector agroalimentario español



Urgencia Inmediata.

Los impactos climáticos en el sector primario (agua, agricultura, ganadería) ya no son proyecciones futuras; se manifiestan actualmente y comprometen la seguridad socioeconómica a corto y medio plazo.



Vulnerabilidad Estructural.

El 50% del territorio español está expuesto. La exposición se agrava por un sector primario con debilidades estructurales: envejecimiento poblacional, baja rentabilidad y ecosistemas previamente degradados.



Disfunción Sistémica.

Las crisis no operan de forma aislada. La interdependencia entre el clima, el agua, la energía y la cadena de suministro genera efectos compuestos que amenazan la seguridad alimentaria nacional y europea.

Riesgos e impactos en sector agroalimentario español

Riesgo Clave	Peligro Principal	Elemento Expuesto	Impacto Primario
Estrés Hídrico y Sequía	Reducción de precipitaciones y mayor aridez	Cultivos de secano y regadío dependiente	Pérdida de cosechas y rendimiento agrícola.
Eventos Climáticos Extremos	Olas de calor, pedrisco, lluvias torrenciales e inundaciones	Superficie agraria general (50% del territorio)	Destrucción física de plantas y alteración fenológica.
Estrés Ganadero	Calor extremo y disminución prolongada de lluvias	Cabaña ganadera y tierras de pasto	Reducción de fertilidad, mortalidad animal y falta de forraje.
Declive Pesquero	Calentamiento oceánico y acidificación marina	Stocks poblacionales y ecosistemas marinos	Migración de especies y alteración de las estructuras tróficas.



Riesgos e impactos en sector agroalimentario español

De la Tierra al Plato: Ruptura de la Cadena Alimentaria

Paso 1: Producción

Pérdida de cosechas y ganado (Impacto primario).

Paso 2: Logística y Transporte

Eventos extremos interrumpen vías de transporte y redes de distribución.

Paso 3: Procesamiento y Almacenamiento

Mayor riesgo de contaminación de alimentos y patógenos (ej. Salmonella) por aumento de temperaturas.

Paso 4: Consumo (El Choque Sistémico)

Reducción de la oferta en el mercado → Subidas abruptas de precios → Inseguridad Alimentaria (acceso desigual a alimentos asequibles y nutritivos, afectando a colectivos vulnerables).



Riesgos e impactos en sector agroalimentario español

Vulnerabilidades Subyacentes: Las Grietas del Sistema



Económicas

Agricultura familiar fragmentada, baja rentabilidad, y alta dependencia de insumos externos (piensos, agroquímicos).



Sociales

Severo envejecimiento poblacional activo, falta de relevo generacional, y vaciamiento rural. Brechas de género estructurales limitan la resiliencia comunitaria.



Físico-Tecnológicas

Ecosistemas previamente degradados (monocultivos, pérdida de biodiversidad funcional), suelos erosionados, e infraestructuras de riego obsoletas.

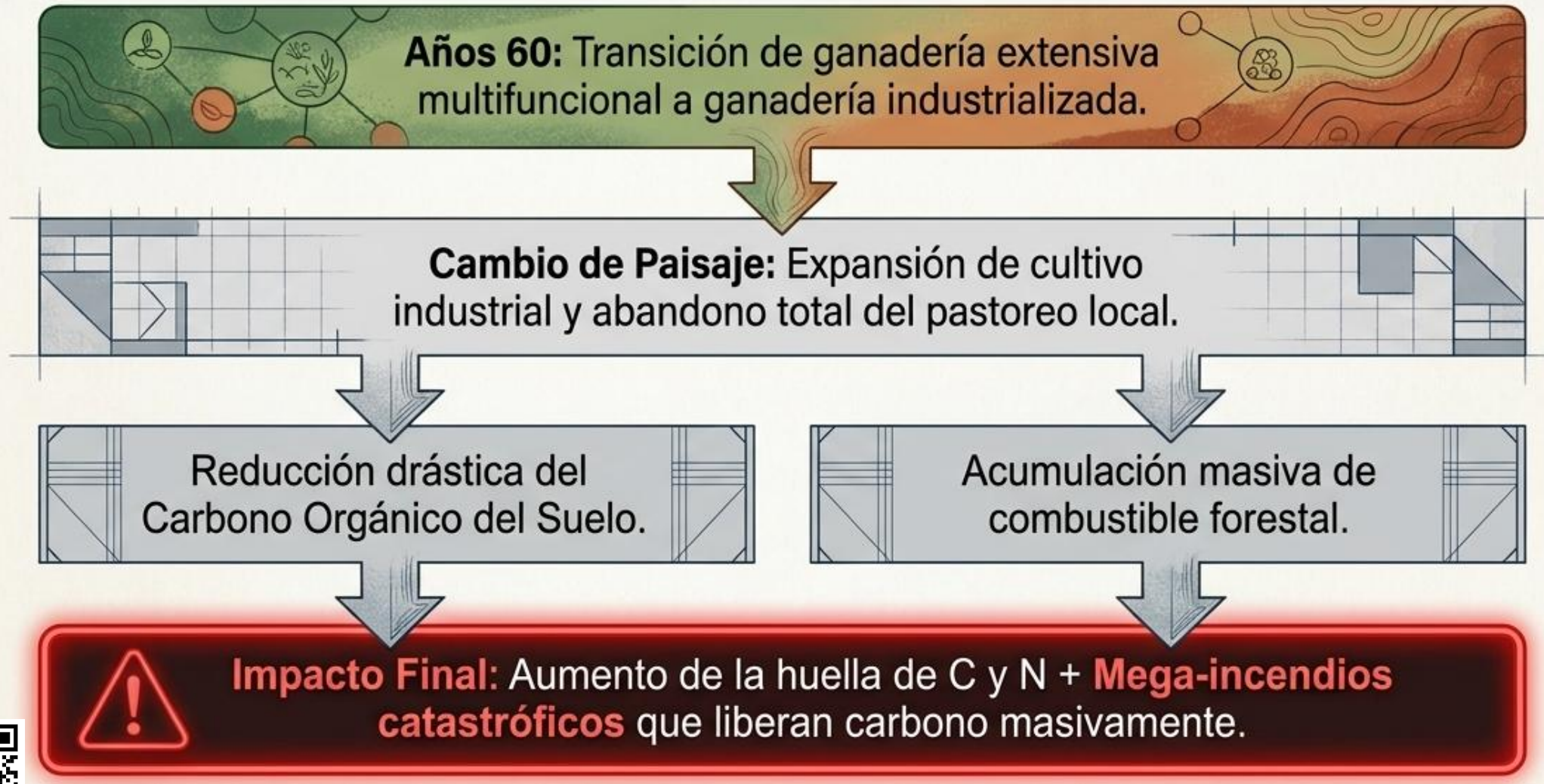


Gobernanza

Déficit crónico de sistemas de alerta temprana efectivos y falta de planes integrales de capacitación para adaptación al riesgo climático.



El caso de España en la ganadería



El sector Agroalimentario genera el **35 % de las emisiones de GEI** antropogénico

17.318 ± 1.675 TgCO₂eq yr⁻¹

61%

61% CO₂

(Dióxido de Carbono - impulsado por uso de suelo y maquinaria)

27%

27% CH₄

(Metano - impulsado por ganado y cultivo de arroz)

12%

12% N₂O

(Óxido Nitroso - impulsado por fertilizantes y estiércol)



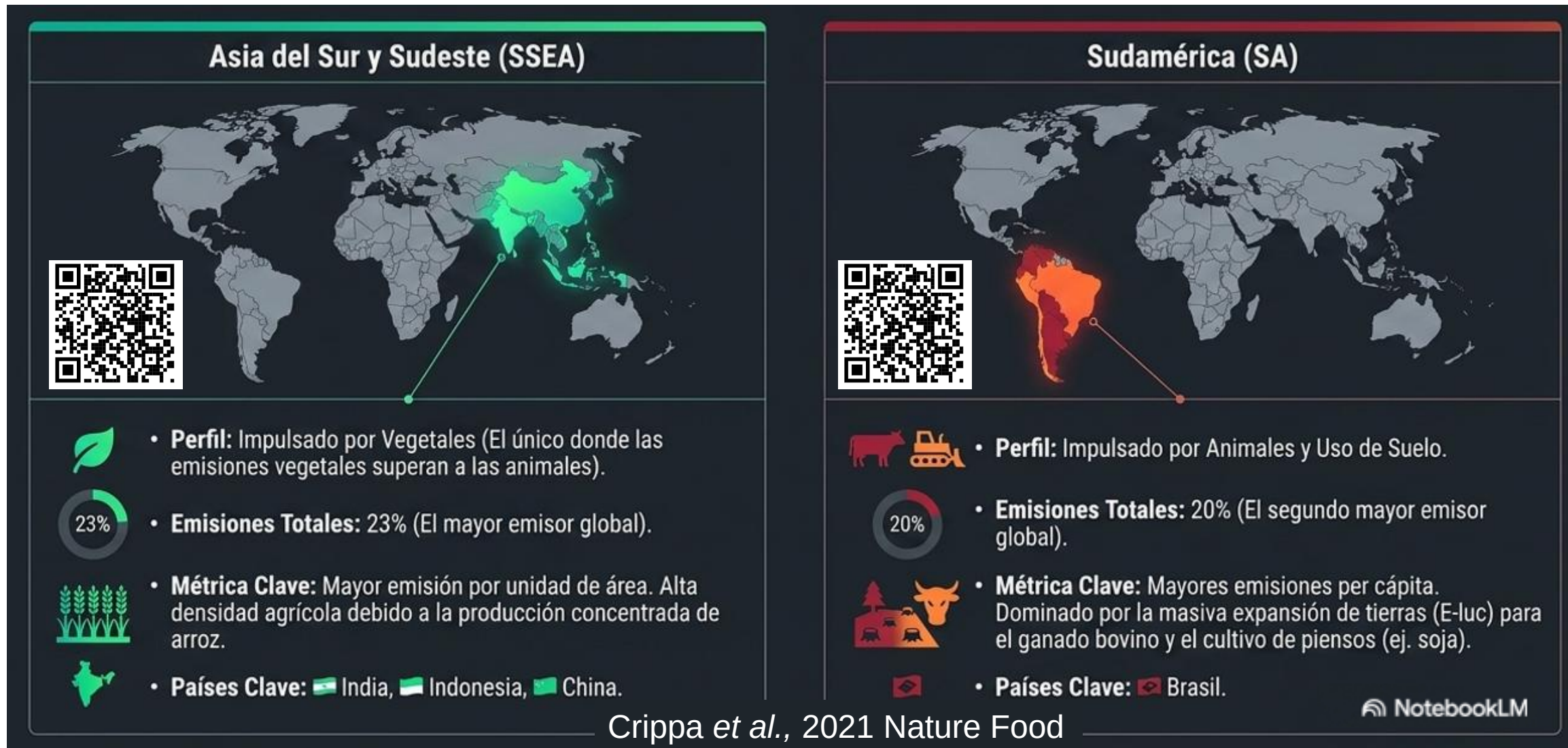
Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions

[M. Crippa](#) , [E. Solazzo](#), [D. Guizzardi](#), [F. Monforti-Ferrario](#), [F. N. Tubiello](#) & [A. Leip](#) 

Nature Food **2**, 198–209 (2021) | [Cite this article](#)

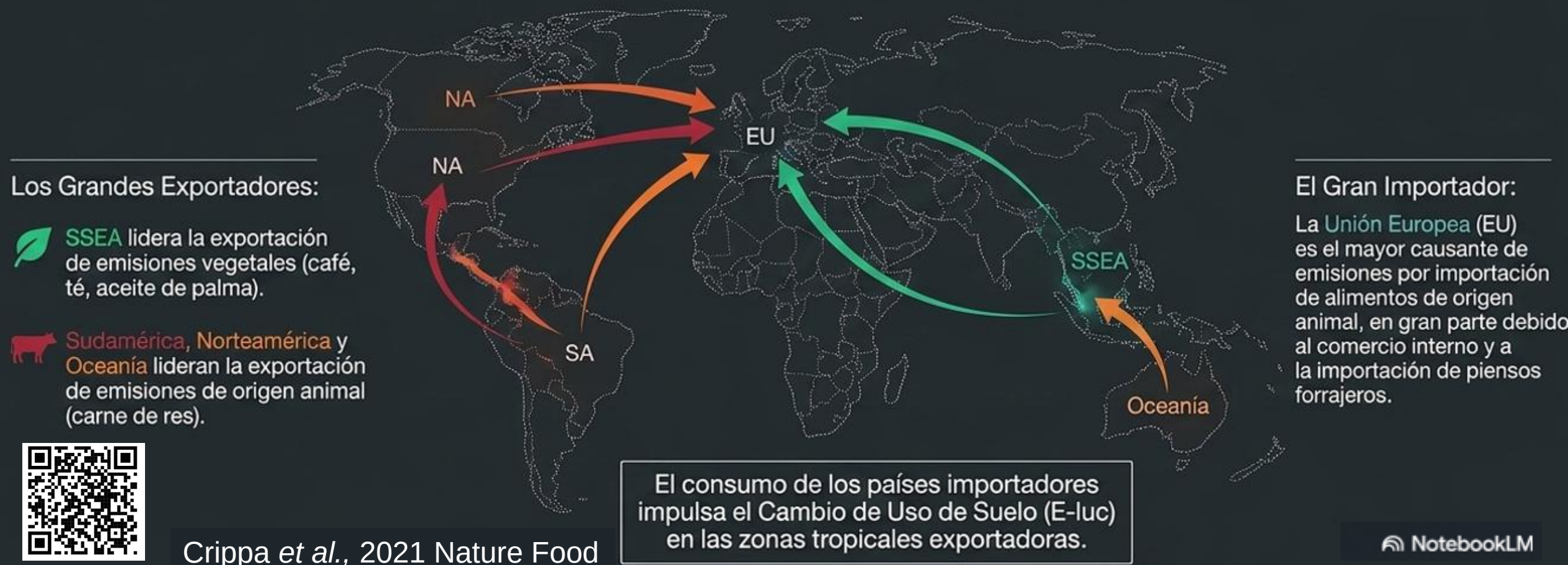
Crippa *et al.*, 2021 Nature Food

El sector Agroalimentario genera el **35 %** de las **emisiones de GEI** antropogénico



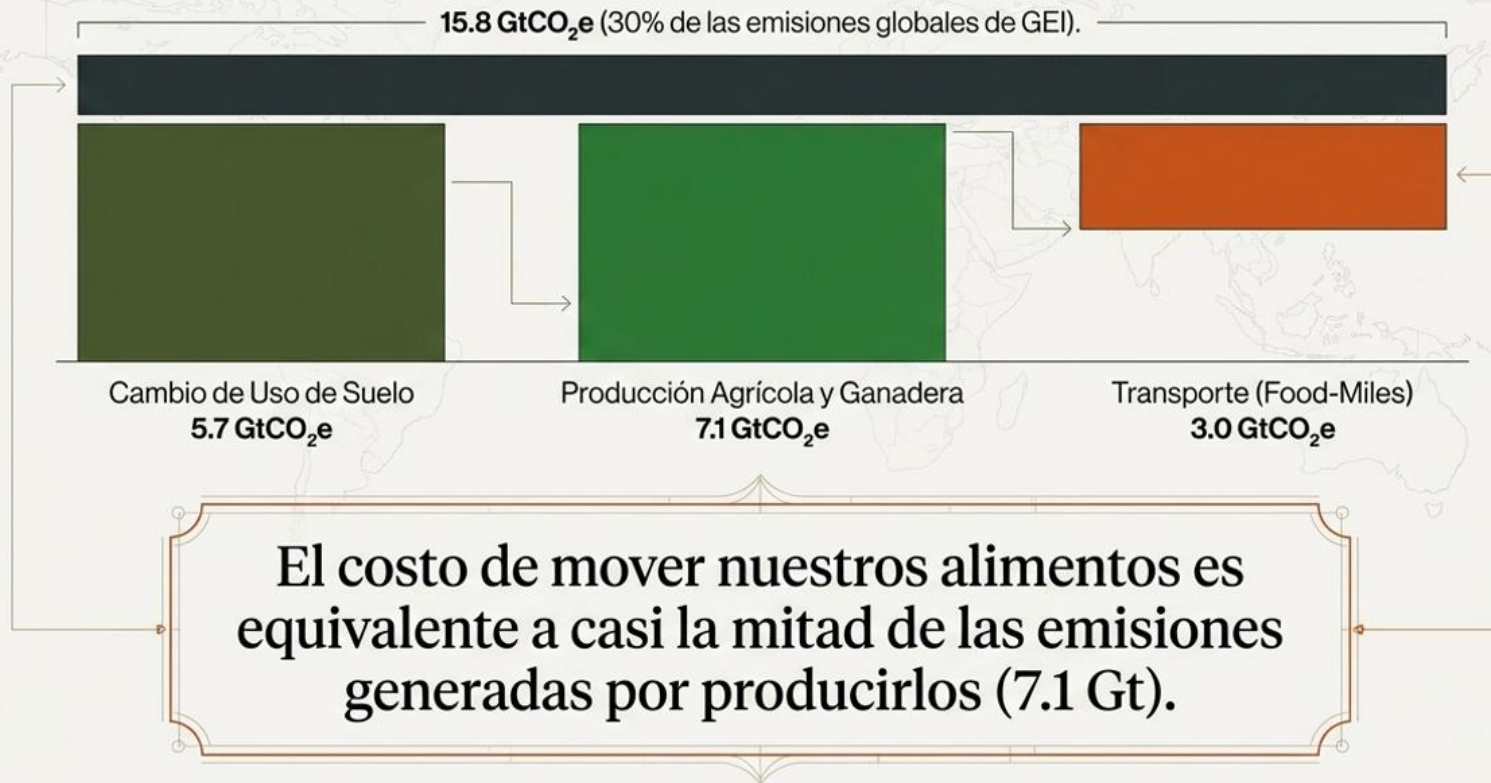
El sector Agroalimentario genera el **35 %** de las **emisiones de GEI** antropogénico

Las emisiones no siempre se consumen donde se producen. El 16-17% de las emisiones mundiales se transfieren a través del comercio internacional.



El transporte de alimentos a nivel mundial representa casi el 20 % de las emisiones alimentarias

El Balance Global de Carbono Alimentario



Li *et al.*, 2022 Nature Food

Article | Published: 20 June 2022

Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions

Mengyu Li, Nanfei Jia, Manfred Lenzen, Arunima Malik, Liyuan Wei, Yutong Jin & David Raubenheimer

Nature Food 3, 445–453 (2022) | [Cite this article](#)

El transporte de alimentos a nivel mundial representa casi el 20 % de las emisiones alimentarias

La Paradoja del Transporte: Distancia vs. Intensidad

Comercio Internacional



Volumen: 71% del total de food-miles (distancia x peso).

Emisiones: 1.3 GtCO₂e.

Intensidad:
Baja
(0.01 – 0.02 kgCO₂e/tkm).
Barcos de alta eficiencia.



Comercio Doméstico



Volumen: 29% del total de food-miles.

Emisiones: 1.7 GtCO₂e.

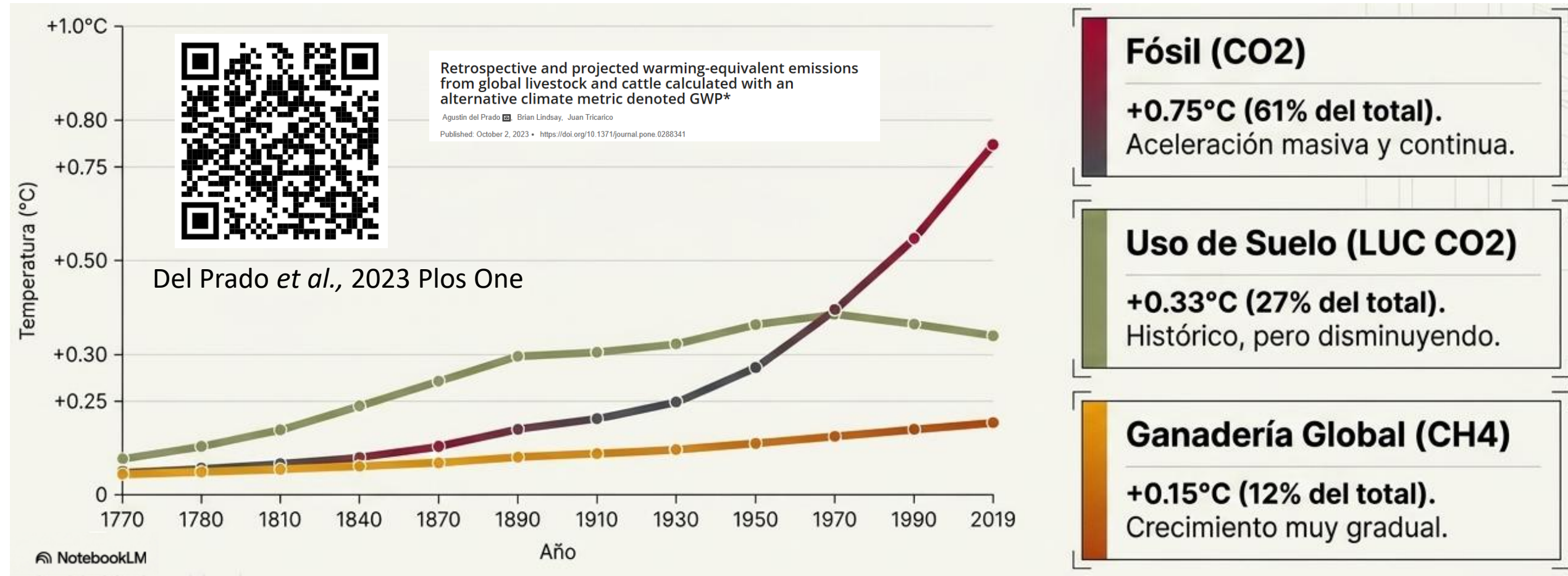
Intensidad: Alta
(0.2 – 0.66 kgCO₂e/tkm).
Hasta 66 veces más intensivo por tonelada-kilómetro.

El comercio local por carretera contamina más en total que el masivo comercio global por vías marítimas.



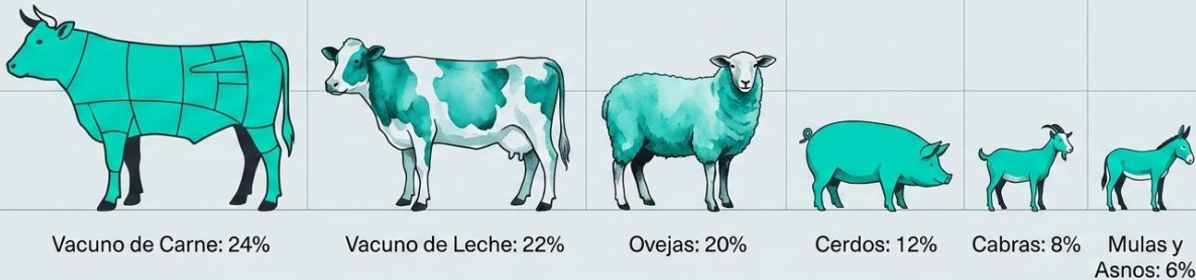
Li *et al.*, 2022 Nature Food

Atribución del calentamiento global (1750-2019)



Atribución del calentamiento en España

Anatomía de las Emisiones: Los Productores de Metano (CH₄)



El arroz representa solo el 3% del CH₄ histórico.

Análisis del calentamiento
añadido por la agricultura
española: una perspectiva
histórica (1865-2021)

Agustin del Prado, Guillermo Pardo
Luis Lassaletta, Alberto Sanz-Cobeña
Eduardo Aguilera



remedia
RED CENTRICA DE MITIGACIÓN DE EMISIONES
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL
SECTOR AGROFORESTAL

Anatomía de las Emisiones: Los Emisores de Óxido Nitroso (N₂O)

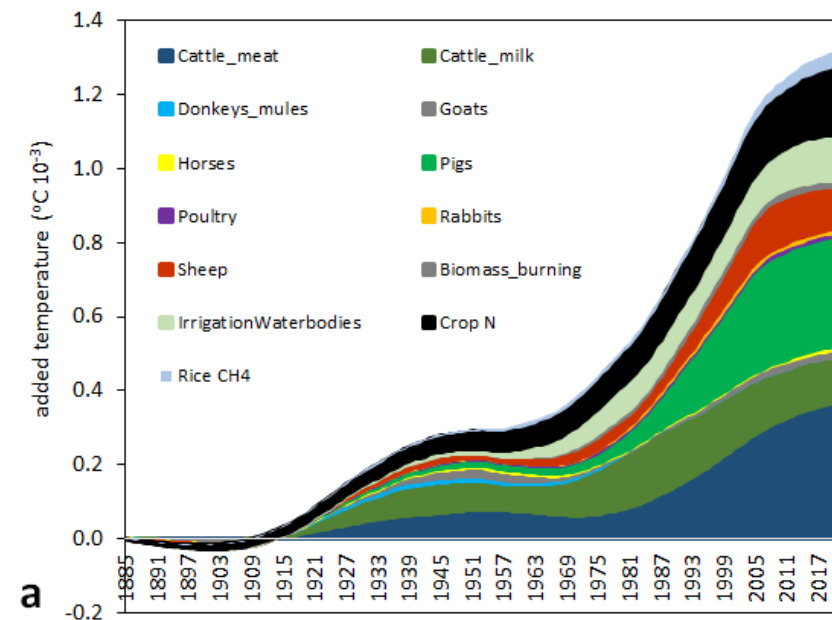
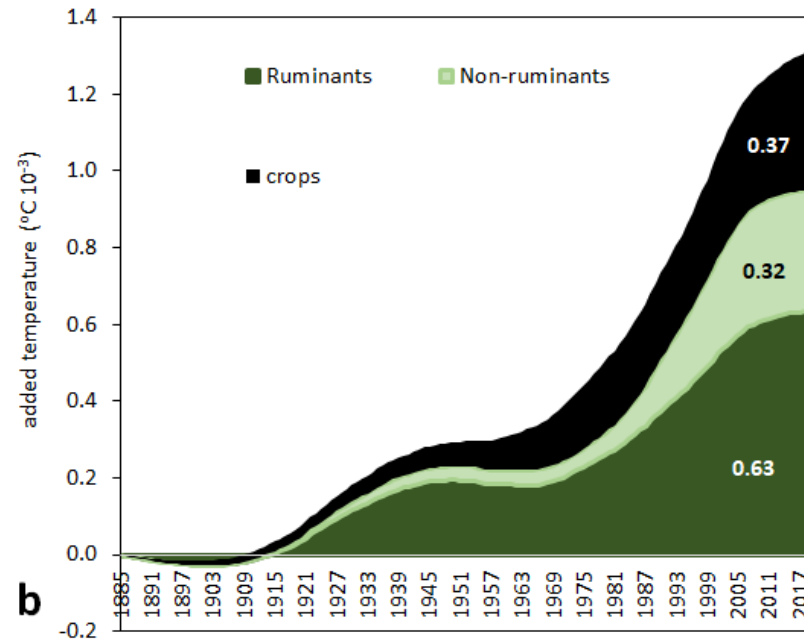


A diferencia del metano ganadero, el N₂O proveniente de los suelos agrícolas y fertilizantes actúa como un gas acumulativo (similar al CO₂).

Del Prado *et al.*, 2024 (REMEDIA)
2025 (ADSA conference)

BC3 BASQUE CENTRE FOR
CLIMATE CHANGE
Klima Aldaketa Ikergai

Atribución del calentamiento en España



28% CH₄ >90%



23% CH₄ >90%



14% N₂O =100%



10% CH₄ >90%



9% CH₄ >90%

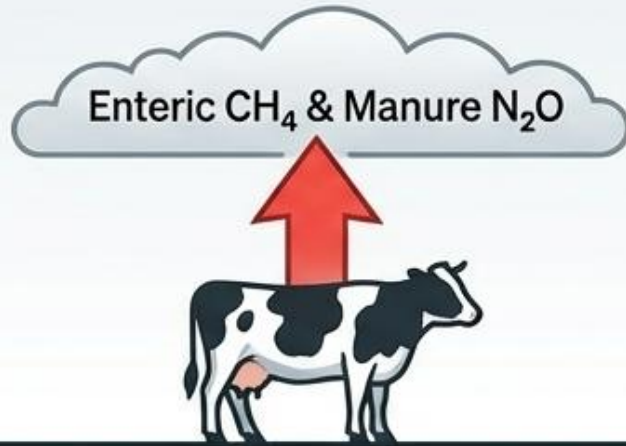
Análisis del calentamiento
añadido por la agricultura
española: una perspectiva
histórica (1865-2021)

Del Prado *et al.*, 2024 (*REMEDIA*)
2025 (ADSA conference)

La ganadería extensiva, bien gestionada, ofrece grandes oportunidades de acumular C

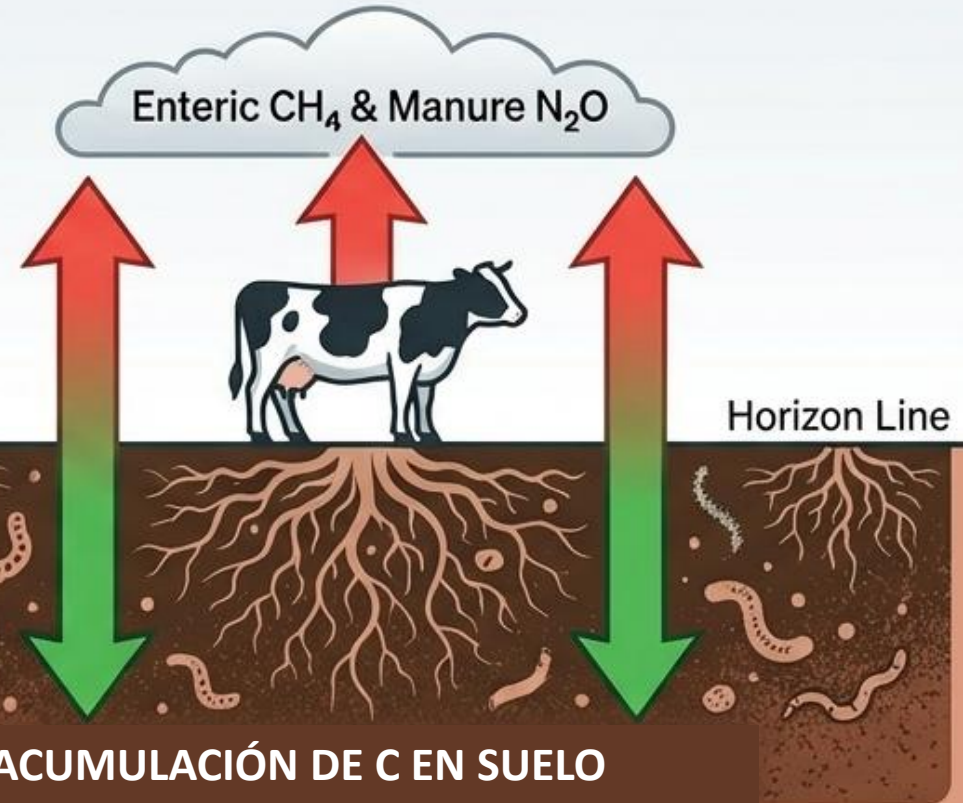


Liang et al. (2020)



Horizon Line

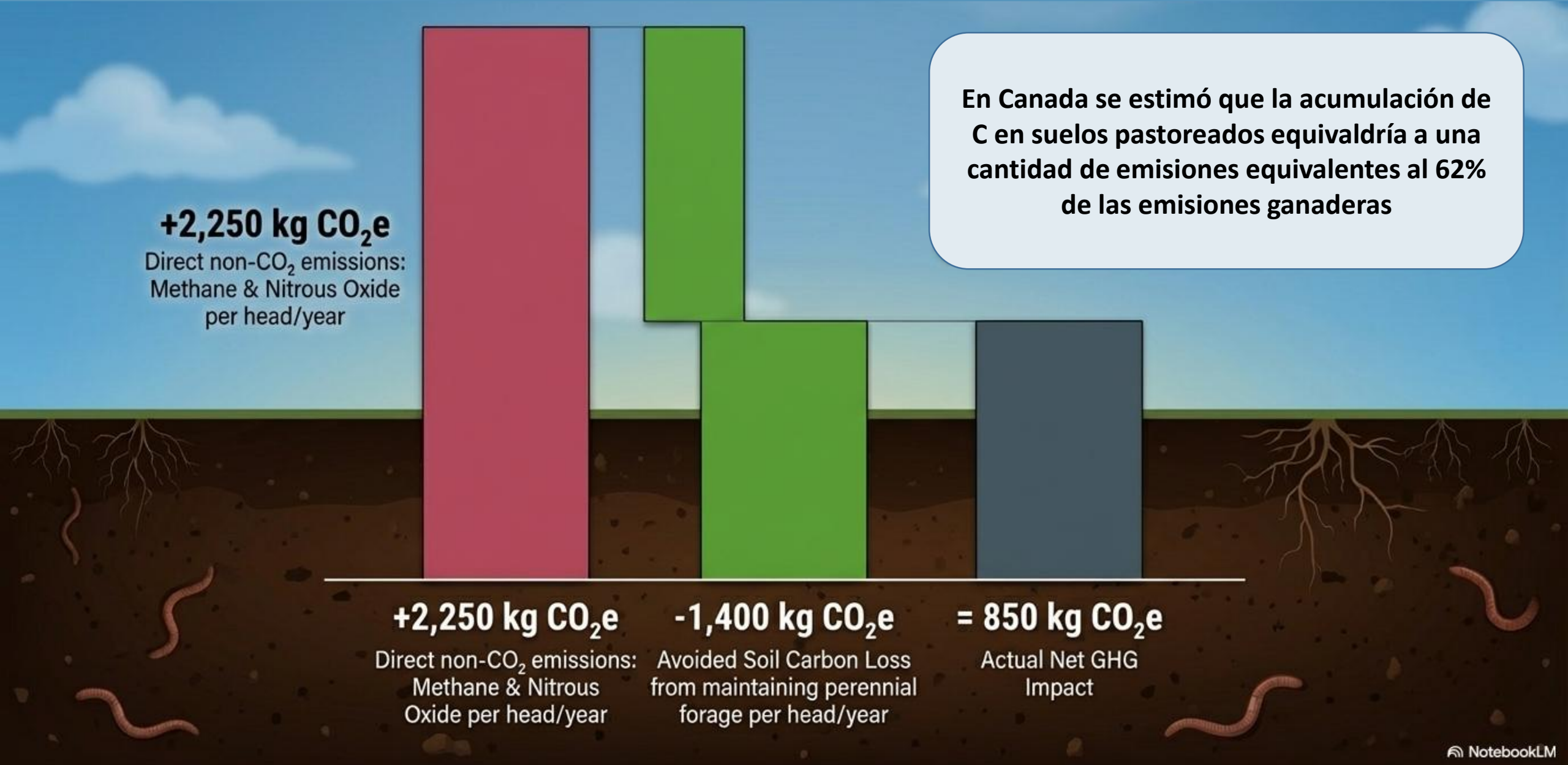
LA ACUMULACIÓN DE C EN SUELO NO SE
CONTABILIZA EN INVENTARIOS DENTRO DE LA
GANADERÍA



Horizon Line

ACUMULACIÓN DE C EN SUELO

La ganadería extensiva, bien gestionada, ofrece grandes oportunidades de acumular C



La ONU establece la agenda climática global (GCAA)

El Propósito: Acelerar y apoyar la implementación rápida del Acuerdo de París.



El Método: Complementar la agenda formal de negociación implicando de manera exponencial a más actores y sectores no estatales.

NotebookLM

La ONU establece la agenda climática global (GCAA)

De la ONU a tu municipio: El efecto cascada



La transformación agroalimentaria es la única vía de generar el triple dividendo del desarrollo sostenible



COP28 como punto de inflexión sobre el sistema Agroalimentario en las cumbres climáticas

La COP28 (2023) dedicó por primera vez un día a la alimentación y logró la declaración de los Emiratos firmada por más de 150 países



COP28 como punto de inflexión en las cumbres climáticas

Lo Celebrado



- Compromete a las naciones a integrar la alimentación y la agricultura en sus NDCs para 2025.
- Cubre el 70% de los sistemas alimentarios mundiales
- Busca transformar la producción y consumo para reducir el impacto ambiental
- Busca asegurar la seguridad alimentaria, alineándose con el objetivo de limitar el calentamiento a 1.5°C

Lo Omitido



Combustibles fósiles

- No menciona una eliminación progresiva de los combustibles fósiles

Problemas estructurales

- Se queda corta la ambición respecto a las desigualdades de poder en los sistemas agroalimentarios

Deforestación

- No incluye como revertir el efecto de la alimentación en la deforestación

<https://ipes-food.org/es/la-cop28-acaba-de-incluir-los-sistemas-alimentarios-en-la-agenda-climatica/>

COP28 como punto de inflexión sobre sistema Agroalimentario en las cumbres climáticas

La COP28 (2023) dedicó por primera vez un día a la alimentación y logró la declaración de los Emiratos firmada por más de 150 países

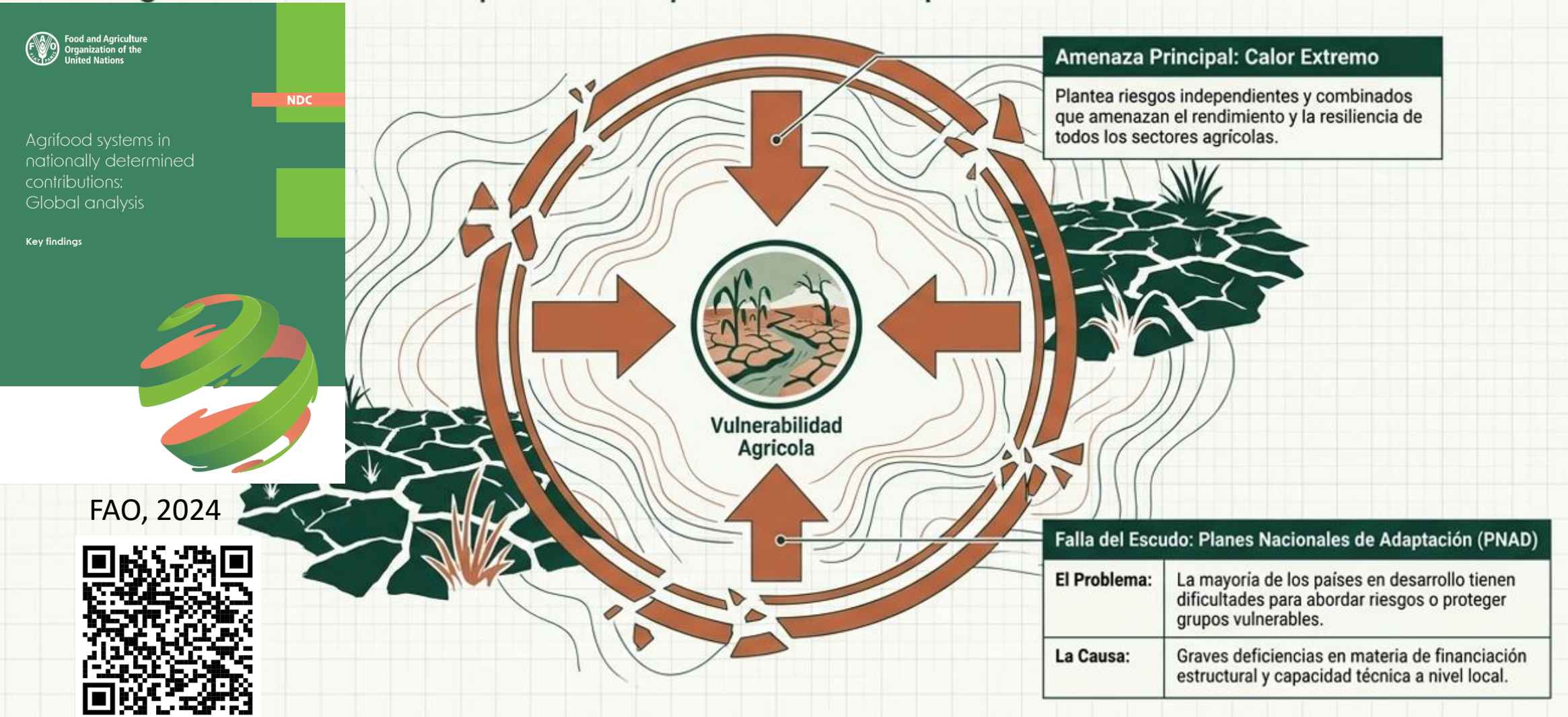


Planes estrategicos climáticos a nivel nacional: el sistema agroalimentario en los NDCs

- Las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs) son compromisos climáticos nacionales establecidos por los países en el marco del Acuerdo de París, que detallan lo que harán para cumplir el objetivo de limitar un aumento medio de la temperatura mundial a 1,5 °C, adaptarse al impacto climático y garantizar una financiación suficiente para lograr estas metas.
- Las NDCs son planes a corto y mediano plazo que deben actualizarse cada cinco años con objetivos cada vez más ambiciosos, en función de las capacidades de cada país.

Planes estrategicos nacionales de adaptación fallan según análisis de FAO

Los riesgos combinados superan la capacidad de respuesta actual.



Sólo se ocupa un 4% de la financiación del clima al sector agroalimentario

33% del potencial.

La proporción de la reducción de emisiones mundiales que puede aportar el sector agroalimentario.

~33%

La financiación para el desarrollo en sistemas agroalimentarios se ha estancado en un alarmante **1%**, mientras que la financiación climática general creció un **12%**.

4% de la inversión.

El porcentaje total del financiamiento para el desarrollo relacionado con el clima que reciben la silvicultura, ganadería, pesca y cultivos.

4%

FAO, 2024



Ignorar los sistemas agroalimentarios implica dejar sin aprovechar una de las vías más eficaces para un crecimiento con bajas emisiones.

Planes estrategicos climáticos a nivel nacional: el sistema agroalimentario en los NDCs



Earth's Future

REVIEW ARTICLE

10.1029/2025EF007268

Key Points:

- Forward-looking quantitative mitigation targets for ruminant livestock and grasslands remains limited in current NDCs
- IAMs represent grassland-livestock systems in a highly simplified form, limiting their ability to capture management and carbon dynamics
- The dominance of inventory-based accounting and limited forward-looking targets reveals an information imbalance between NDCs and IAMs

Supporting Information:

Supporting Information may be found in the online version of this article.

Correspondence to:

J. Chang,
changjf@zju.edu.cn

Citation:

Wang, C., Zhao, H., Havlik, P., Ciais, P., Shi, Y., Sun, W., et al. (2026). Capturing grasslands in nationally determined contributions and integrated assessment models: Review and perspective. *Earth's Future*, 14, e2025EF007268. <https://doi.org/10.1029/2025EF007268>

Received 11 SEP 2025

Accepted 20 FEB 2026

Author Contributions:

Conceptualization: Petr Havlik, Jinfeng Chang

Capturing Grasslands in Nationally Determined Contributions and Integrated Assessment Models: Review and Perspective

Chao Wang^{1,2}, Hao Zhao^{1,2,3}, Petr Havlik³, Philippe Ciais⁴, Yue Shi⁵, Wenjuan Sun⁵, Matthew T. Harrison⁶, Ke Liu⁶, Stefan Frank^{3,7}, Mario Herrero⁸, Pete Smith⁹, and Jinfeng Chang^{1,2,3}

¹State Key Laboratory of Soil Pollution Control and Safety, Zhejiang University, Hangzhou, China, ²Zhejiang Key Laboratory of Agricultural Remote Sensing and Information Technology, Zhejiang University, Hangzhou, China, ³International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, ⁴Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSIL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France, ⁵State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, ⁶Tasmanian Institute of Agriculture, University of Tasmania, Launceston, TAS, Australia, ⁷Institute of Sustainable Economic Development, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria, ⁸Department of Global Development, College of Agriculture and Life Sciences, and Cornell Atkinson Center for Sustainability, Cornell University, Ithaca, NY, USA, ⁹Institute of Biological and Environmental Sciences, University of Aberdeen, Aberdeen, UK

Abstract Grasslands support the majority of global livestock production systems while providing vital ecosystem services. Expansion of the livestock sector over recent decades has however placed enormous pressure on grasslands, with increasing greenhouse gas emissions that challenge the aspirations of climate mitigation. Here, we reviewed (a) climate policies pertaining to livestock and grasslands underpinning the Nationally Determined Contributions (NDCs) of 16 countries or regions, and (b) representation of grassland and livestock sectors in five contemporary integrated assessment models (IAMs). We find that mitigation policies reported in NDCs and Biennial Update/Transparency Reports (BURs/BTRs) remain limited in their specification of clearly defined forward-looking quantitative mitigation targets for ruminant livestock and grassland systems, despite their substantial contribution to agricultural emissions. At the same time, many reported policies are articulated in ways that support inventory-compatible, retrospective accounting. Contemporary IAMs, however, employ a highly simplified and aggregated representation of grassland–livestock interactions, with limited consideration of management intensity, degradation, restoration, and management-induced carbon dynamics. Taken together, these features reveal an information imbalance at the interface between policy articulation and model-based quantitative assessment, which may limit the transparency and cross-country comparability of evaluations of mitigation pathways in grassland and ruminant livestock systems.



Wang *et al.* 2026 Earth's Future

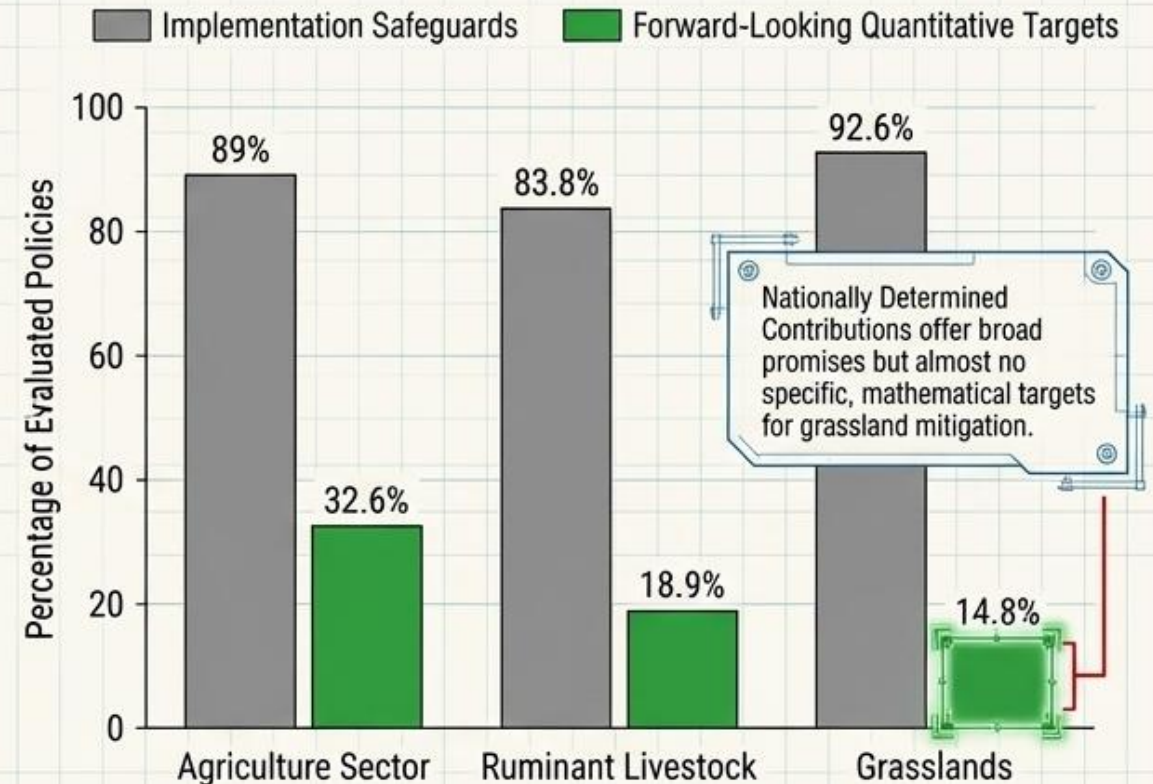
Planes estrategicos climáticos a nivel nacional: el sistema agroalimentario en los NDCs

Evaluating the Policy Footprint

An analysis of the latest NDCs and BTRs across 16 target nations (accounting for 66% of global total GHG and 60% of agricultural GHG) reveals an immense regulatory blind spot.



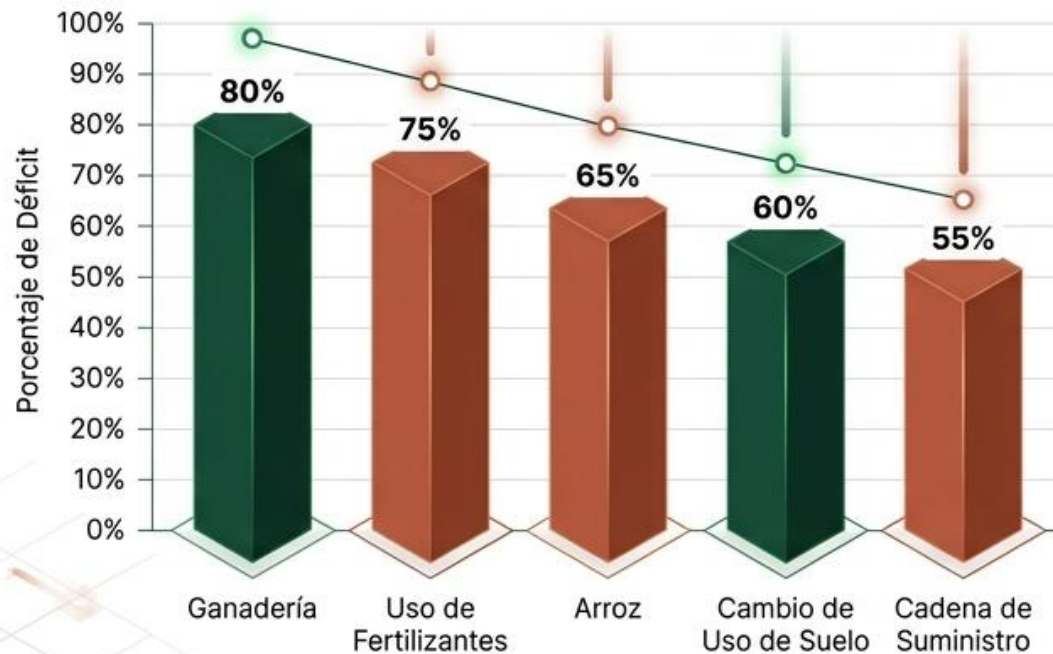
The Ambition Gap



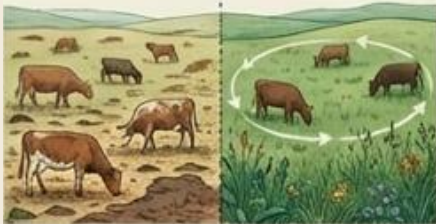
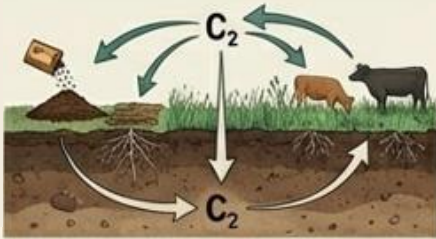
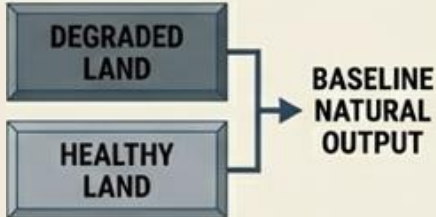
Planes estrategicos climáticos a nivel nacional: el sistema agroalimentario en los NDCs

94% de los países incluyen la agricultura en sus planes de adaptación, pero existe un **60% de déficit de acción en mitigación.**

Déficit de Acción en Mitigación por Componente del Sistema Agroalimentario



Planes estrategicos climáticos a nivel nacional: el sistema agroalimentario en los NDCs: simplifica la agricultura basada en praderas/pastos

	Realidad	Simplificación
Dinámicas pastoreo	<p>Variabilidad entre regenerativo, sobre-pastoreo etc.</p> 	<p>Una sola clasificación de pradera</p> 
Flujo de carbono	<p>El Carbono responde a factores diversos de manejo</p> 	<p>El C es estático</p> 
Salud ecosistémica	<p>Las praderas pueden sufrir daño, degradación y restauración</p> 	<p>Una pradera degradada vs. otra pristina se asume producen igual</p> 

Para cuantificar el impacto real se debe integrar la ecología del paisaje y el contexto socio-económico



An in-depth approach on ecological and social processes improve quantifying the climatic impact of food production

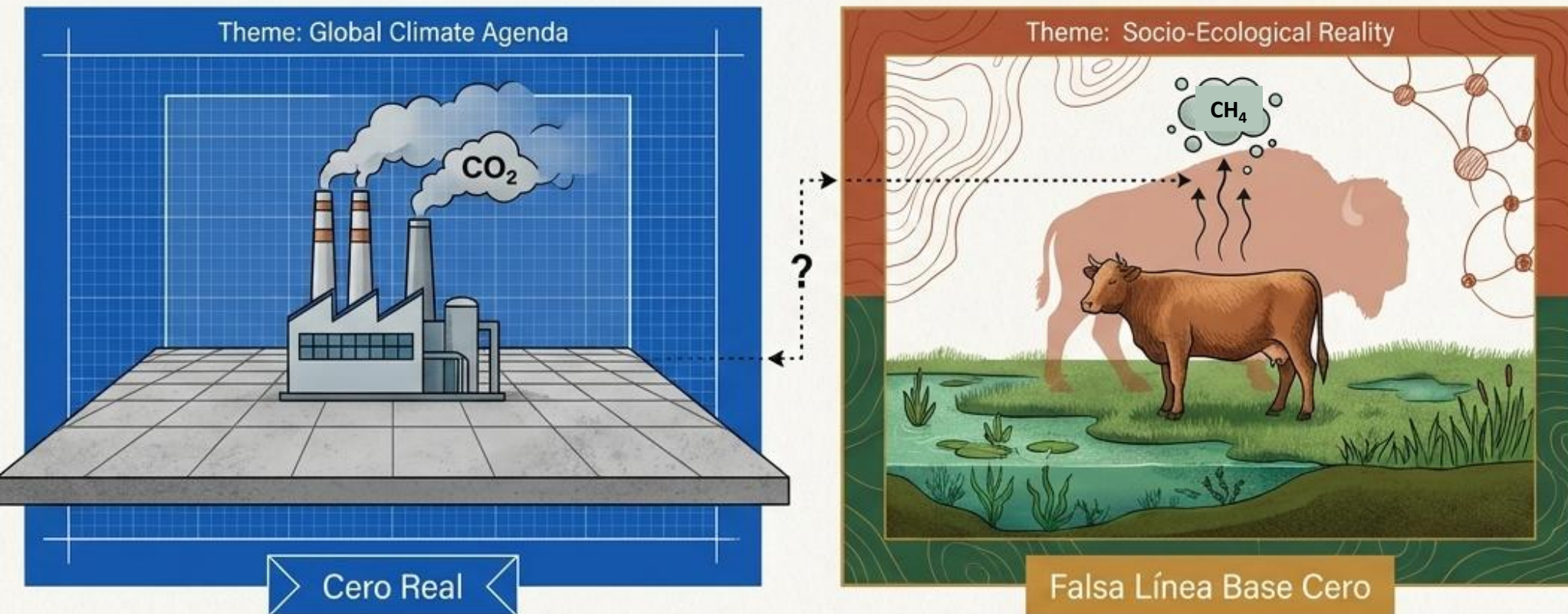
Agustín del Prado, Ferran Pau, Rubén Serrano-Zulueta, Juan Carlos Baez, Inmaculada Batalla, Chiara de Tomassi, Ruby Fries, Jennifer Guzmán, Pablo Manzano, Carolina Márquez, Víctor Martínez-Cano, Guillermo Pardo, Logolli Yamat

Published: June 23, 2025 • <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000655>

Del Prado *et al.*, 2025 Plos Climate

Ignorar emisiones de línea base ecológica

La agricultura a gran escala provoca un cambio de emisiones naturales a antropogénicas. Sin embargo, los cálculos actuales asumen erróneamente que el sistema comienza desde un punto de partida de "cero".



Se ignora el estado del balance de carbono previo al cambio de uso de la tierra y se invisibilizan los emisores naturales de carbono y nitrógeno reactivo, como los herbívoros salvajes.



Manzano & White (2019)



Manzano et al. (2023)

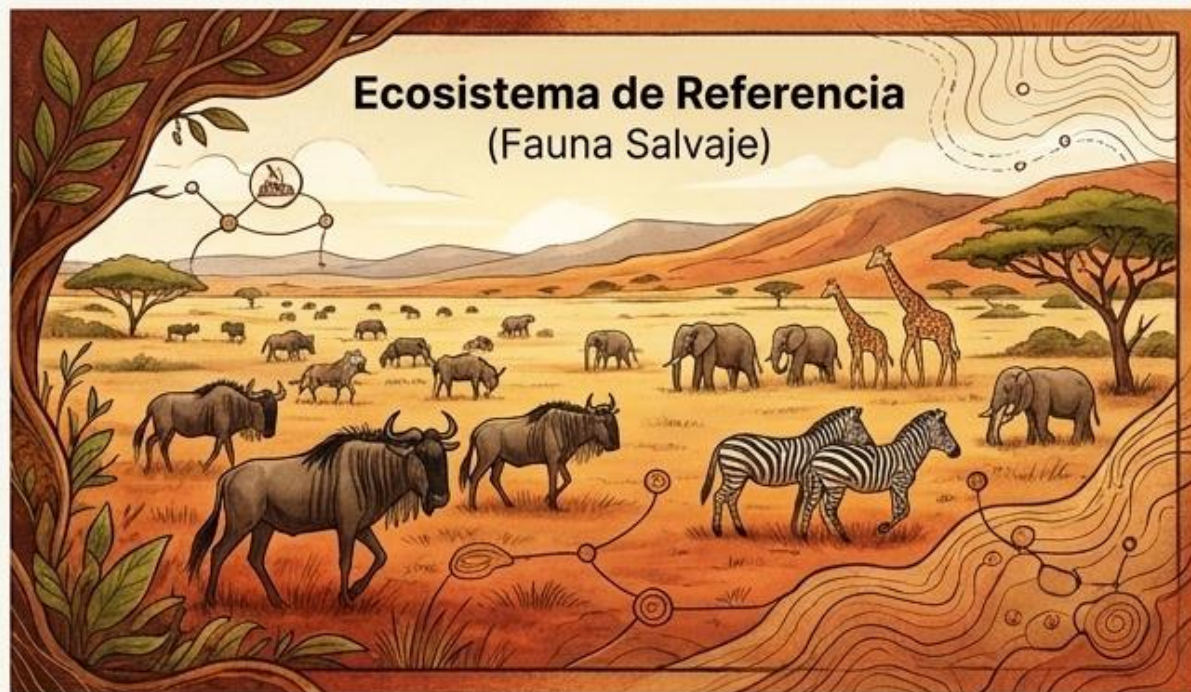
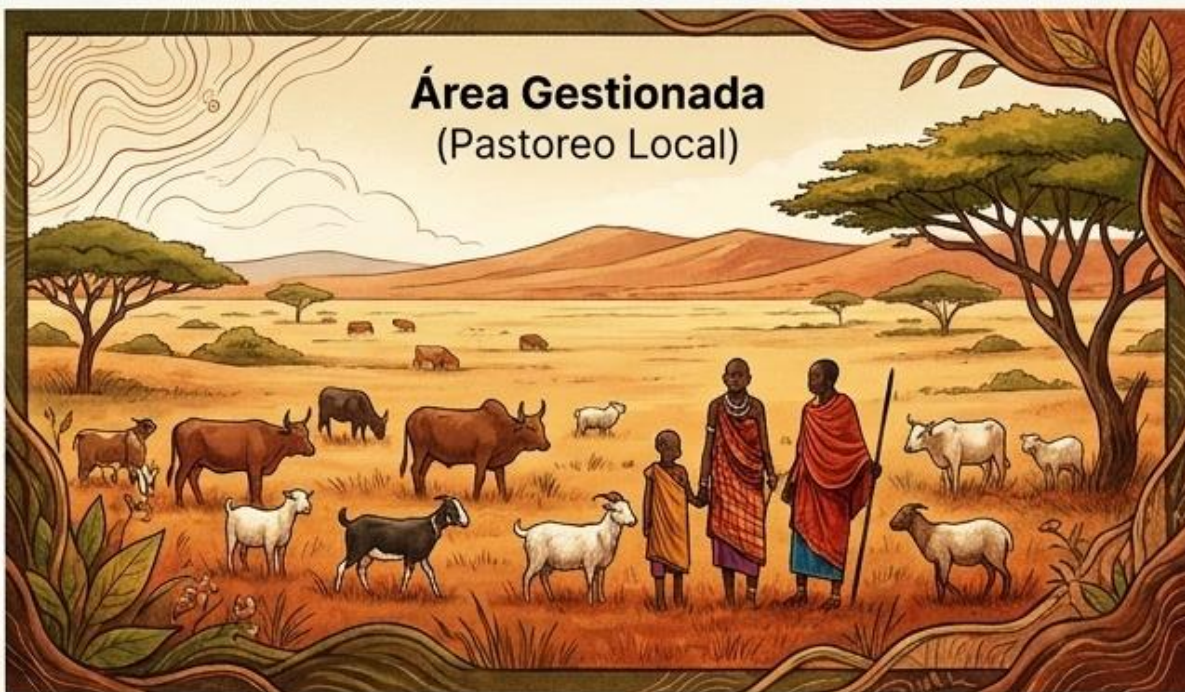


Serrano-Zulueta et al. (2023)

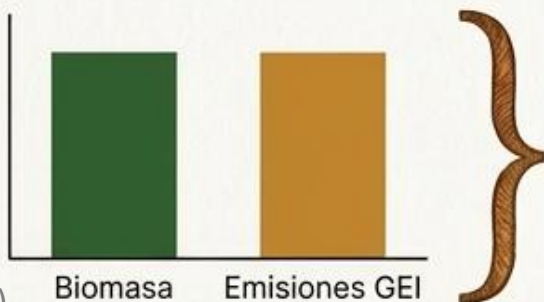


Pardo et al. (2023)

Prueba del concepto: el Serengeti

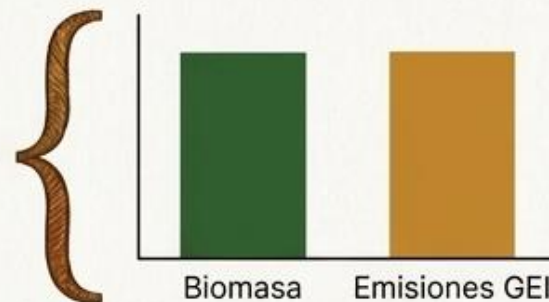


Manzano et al. (2023)



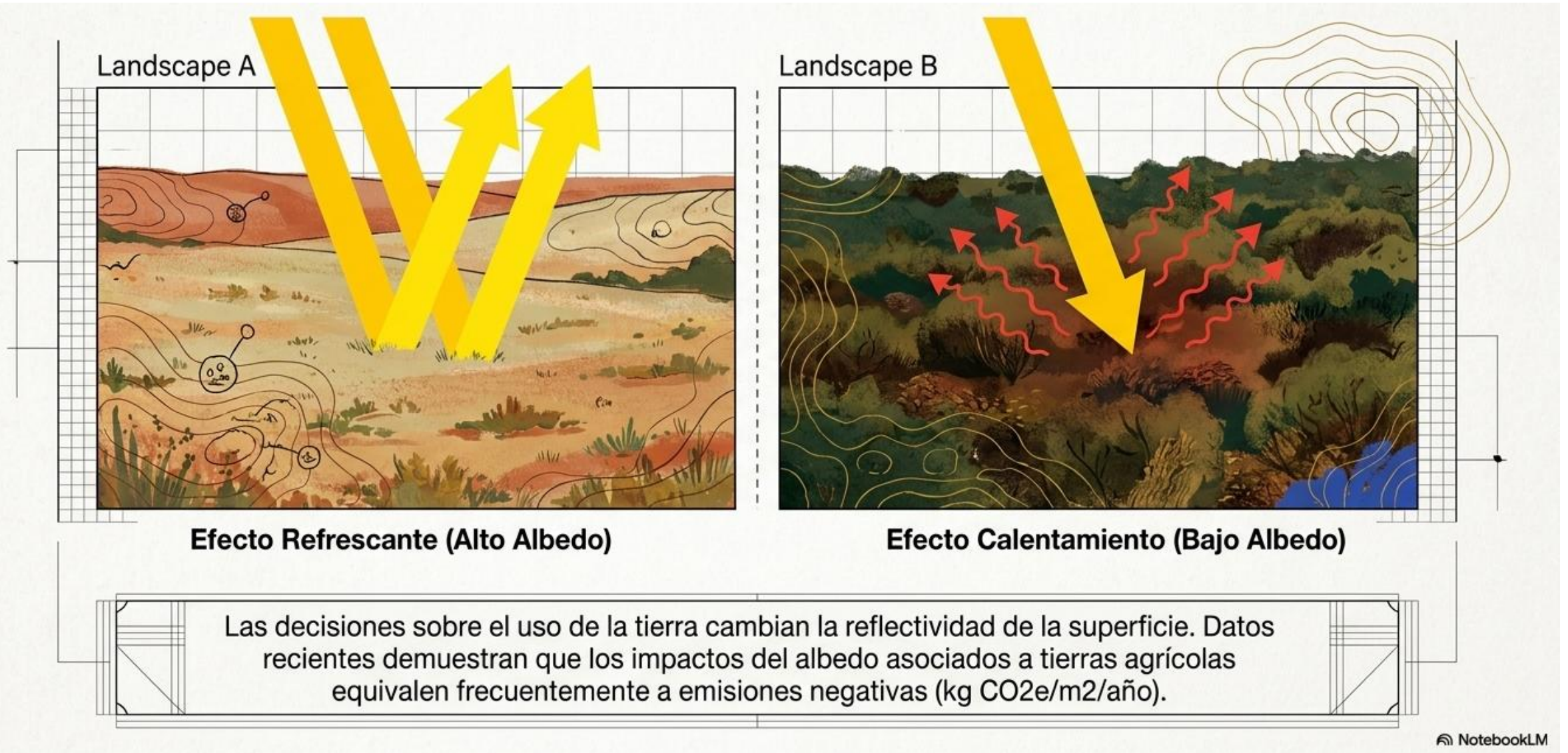
Mismo Impacto Neto de GEI

BC3 BASQUE CENTRE FOR
CLIMATE CHANGE
Klima Aldaketa Ikergai



Las emisiones naturales de GEI siempre han sido significativas. Abandonar la ganadería de pastoreo no conduce necesariamente a una reducción neta de los GEI mundiales.

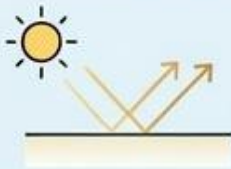
La métrica olvidada: el albedo





¿Cuál es el resultado de abandonar o aforestar praderas?

*La [aforestación](#) es el establecimiento de bosques en tierras que no han tenido cobertura forestal durante un largo periodo

Pradera semi-natural gestionada	Pradera abandonada (matorralización)	Pradera aforestada
Albedo Alto (enfriamiento) 	Albedo reducido 	Albedo Bajo (calentamiento) 
Biodiversidad Protegida 	Biodiversidad reducida 	Biodiversidad Baja 
C en suelo Alto (en suelo) 	C en suelo Incierto 	C en suelo Alto (aereo) 
Medios de vida Sostenido 	Medios de vida perdidos 	Medios de vida convertidos 



El abandono y la aforestación resultan en ambos casos siendo socio-ecológicamente nocivos

El Imperativo de la Adaptación Sistémica



Garantizar la seguridad alimentaria no requiere resistir al clima, sino transformar profundamente la vulnerabilidad estructural del sistema agroalimentario.

Como es la verdadera resiliencia

Mitigación Sistémica

- Restauración de turberas
- Abandono de fertilizantes sintéticos
- Secuestro natural en suelos

Adaptación Transformacional

- Agroecología y agrobiodiversidad
- Retención de agua a nivel de paisaje
- Diversificación extrema de cultivos

**Transición
Justa y
Resiliente**

Justicia Social y Económica

- Condiciones dignas para trabajadores
- Redistribución del valor
- Acceso equitativo a dietas saludables

FAO, 2024



SÍNTESIS: Cualquier política que persiga solo uno de estos nodos a expensas de los demás, resultará inevitablemente en maladaptación o colapso del sistema.

Conclusiones/mensajes a llevar

- El sistema agroalimentario es **víctima** (pérdidas históricas por desastres) y **culpable** (35% de emisiones globales), pero es el principal **catalizador de soluciones**.
- **Imperfecta representación del sector agroalimentario en la agenda climática** (NDCS, financiamiento climático).
- **Métricas climáticas incompletas:** Los modelos actuales fallan al simplificar los ecosistemas: no consideran adecuadamente el C en suelo, ignoran la línea base ecológica (emisiones naturales históricas) y olvidan el **efecto enfriador (albedo)** de mantener las praderas.
- **El peligro de la "maladaptación":** Aplicar parches a corto plazo (como expandir regadíos en zonas áridas) agota los recursos y aboca el sistema agrícola al colapso a largo plazo.
- **El camino: El Triple Dividendo.** La verdadera resiliencia no es resistir, es transformarse. Requiere integrar simultáneamente: **mitigación sistémica, adaptación transformacional y justicia socioeconómica**

Gracias/Mila Esker

Agustin del Prado agustin.delprado@bc3research.org

BC3 BASQUE CENTRE FOR
CLIMATE CHANGE
Klima Aldaketa Ikergai

ikerbasque
Basque Foundation for Science

