

**ARTÍCULO DE REVISIÓN****La sombra ambiental de la carne: desafíos y soluciones para un futuro sostenible****The environmental shadow of meat: challenges and solutions for a sustainable future**Jhonsson Quevedo<sup>1</sup> , André Rodríguez<sup>1</sup> \* y Miriam Alcoser<sup>1</sup> **RESUMEN**

La creciente demanda global de carne ha generado una profunda crisis ambiental, económica y social. Donde la producción intensiva, el sacrificio y la distribución, generan un gran impacto medioambiental, debido a la elevada huella hídrica, la deforestación y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen a la pérdida de biodiversidad. El objetivo de esta revisión es analizar los desafíos y posibles soluciones para un futuro sostenible en la industria cárnica, destacando la urgencia de transitar hacia sistemas alimentarios más responsables, debido a que se fluctúa 1.85 kg de CO<sub>2</sub> por kilogramo de carne y además su consumo produce el 84 % de carcinoma hepatocelular. Por otra parte, se exploran prácticas agroecológicas como la gestión eficiente del estiércol, el uso de biodigestores para generar energía renovable, el compostaje para la inactivación de patógenos en residuos avícolas, la utilización de larvas de mosca soldado negra como fuente alternativa de alimentos para animales y la promoción de alternativas vegetales como sustituto de la carne. Se concluye que la transformación hacia un sistema alimentario sostenible requiere un cambio cultural, así mismo emplear diversas estrategias que contribuyan a reducir el impacto ambiental.

**Palabras clave:** Carne, impacto ambiental, mitigación, emisiones, agroecología.

**ABSTRACT**

The increasing global demand for meat has led to a profound environmental, economic, and social crisis. Intensive production, slaughter, and distribution have a significant environmental impact due to the high water footprint, deforestation, and greenhouse gas (GHG) emissions, which contribute to biodiversity loss. The objective of this review is to analyze the challenges and potential solutions for a sustainable future in the meat industry, emphasizing the urgency of transitioning toward more responsible food systems. It is estimated that meat production generates approximately 1.85 kg of CO<sub>2</sub> per kilogram of meat, and its consumption is associated with 84% of hepatocellular carcinoma cases. Additionally, this study explores agroecological practices such as efficient manure management, the use of biodigesters to generate renewable energy, composting for pathogen inactivation in poultry waste, the utilization of black soldier fly larvae as an alternative animal feed source, and the promotion of plant-based alternatives as meat substitutes. It is concluded that transitioning to a sustainable food system requires a cultural shift and the implementation of various strategies to reduce environmental impact.

**Keywords:** Meat, environmental impact, mitigation, emissions, agroecology.

\* Autor para correspondencia

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Email: [jquevedol@unc.edu.pe](mailto:jquevedol@unc.edu.pe), [arodriguezl@unc.edu.pe](mailto:arodriguezl@unc.edu.pe), [malcoserl@unc.edu.pe](mailto:malcoserl@unc.edu.pe)

## INTRODUCCIÓN

El aumento en la producción y consumo de carne vienen generando impactos ambientales que resultan siendo cada vez más alarmantes. La industria ganadera es responsable del 14.5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI). Este hecho suma activamente al calentamiento global y la degradación ambiental (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022). Además, para poder producir carne en condiciones óptimas se requiere un consumo masivo de recursos hídricos. Se estima que para producir 1 kg de carne de res se necesitan 15,700 litros de agua, lo que ejerce una presión considerable sobre los ecosistemas hídricos (Mekonnen y Hoekstra, 2012). En conglomerado se forma una demanda enorme de recursos que son insostenibles a largo plazo y agravan la escasez de agua en diversas regiones del mundo (Agencia de Protección Ambiental [EPA], 2023).

Al mismo tiempo, la expansión de la ganadería resulta ser un factor determinante en la deforestación global. En la Amazonía, aproximadamente el 80% de la deforestación se encuentra directamente relacionada con la conversión de tierras para pastoreo de ganado (Foro Mundial para la Naturaleza [WWF], 2022). Entre 2001 y 2020, se registra una pérdida de 43 millones de hectáreas de bosques tropicales. Esto redujo la capacidad del planeta para capturar dióxido de carbono y aceleró el proceso de cambio climático (Global Forest Watch, 2023). Como punto adicional, la disminución de la biodiversidad y la degradación del suelo son consecuencias directas de este fenómeno, la falta de su control por parte de los gobiernos ha terminado perjudicando la estabilidad de los ecosistemas.

En América Latina, la producción ganadera representa un pilar económico, pero al mismo tiempo, una amenaza ambiental. Países como Argentina han experimentado un aumento del 20% en la producción de carne bovina en la última década. Estos datos muestran una correlación directa con la degradación de suelos y el aumento de las emisiones de GEI (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2023). En México, el sector ganadero consume el 40% del agua destinada a la agricultura, lo que genera conflictos en el acceso a este recurso vital (Esquivel y Salgado, 2020). En Colombia, la implementación de sistemas silvopastoriles ha logrado reducir en 35% las emisiones de carbono en la producción de carne, demostrando que la adopción de prácticas sostenibles es viable (Charry et al., 2019).

El contexto peruano no es ajeno a estos problemas. En los últimos años, el consumo de carne en este país ha venido en un aumento considerable. Los valores de consumo han llegado a alcanzar el 25 kg per cápita en 2023, con la carne de pollo representando el 60% del total (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2023). Esta creciente demanda ha llevado a que la producción ganadera se haga más intensa. Lo que deriva en problemas ambientales como el vertimiento de residuos sin tratamiento en ríos y la emisión de contaminantes al aire. Se estima que la industria cárnica es responsable del 20% de la

huella hídrica del sector agropecuario y una de las principales fuentes de contaminación del agua en el país (Consejo Nacional del Ambiente [CONAM], 2023).

En la sierra del país, donde la ganadería es una actividad económica clave, el impacto ambiental resulta ser más notable. En Puno, la cría de ganado viene provocando la disminución del 35% de la cobertura vegetal en los últimos 20 años, afectando la calidad del suelo y la disponibilidad de agua (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2022). En Cusco, el crecimiento del turismo ha incrementado la demanda de carne, lo que ha derivado en un aumento de la contaminación por desechos animales en fuentes hídricas naturales (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2023). A nivel local, en Cajamarca, el 75% de los residuos generados en mataderos municipales no recibe tratamiento adecuado, lo que contribuye a la contaminación de los ríos y afecta la salud pública (Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria [DIGESA], 2023).

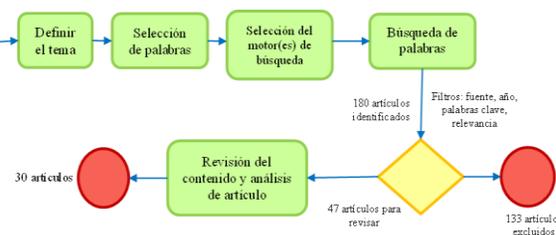
Esta investigación busca concientizar sobre la importancia de dar un paso al frente y adecuar sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en la industria cárnica, con el fin de que poco a poco se pueda reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos en la empresa en cuestión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó un enfoque basado en la revisión de literatura, enfocado en el análisis de publicaciones relacionadas con un tema específico, que en este caso fue el estudio de artículos científicos sobre el impacto ambiental producido por la industria cárnica y las estrategias que se están implementando para mitigarlo. De acuerdo con la naturaleza del estudio, como se muestra en la Figura 1, se examinaron trabajos con diferentes enfoques metodológicos, abarcando tanto investigaciones de carácter cualitativo como cuantitativo.

**Figura 1**

*Diagrama de flujo de la metodología de búsqueda para una revisión literaria.*



Para la realización de esta revisión literaria, se establecieron criterios rigurosos para asegurar la relevancia y calidad de los artículos seleccionados. Los criterios de inclusión abarcaron estudios publicados sólo los años 2015 y 2024, relacionados con el impacto ambiental de la industria cárnica y estrategias de mitigación, considerando metodologías descriptivas, exploratorias y explicativas.

Se descartaron artículos que no trataran específicamente el impacto ambiental de la industria cárnica o estrategias para mitigarlo y estudios con metodologías poco detalladas o datos no verificables. La selección comenzó con una búsqueda en bases de datos académicas como PubMed, Science Direct, Scielo y Redalyc, utilizando términos específicos como “Environmental impact of meat”, “Carbon footprint of meat”, “Environmental strategies of the meat industry” y operadores booleanos. De 180 artículos iniciales, se realizó una revisión preliminar de títulos y resúmenes para descartar los que no cumplían con los criterios. Se revisaron detalladamente los artículos seleccionados para evaluar su calidad metodológica y relevancia. Finalmente, se seleccionaron 30 artículos considerados los más relevantes y de alta calidad, que proporcionaron una base sólida para el análisis. Como punto final, se respetaron los principios éticos del Código de Ética de la Investigación Científica, con referencias adecuadas a los autores y tratamiento de datos conforme a criterios de integridad científica.

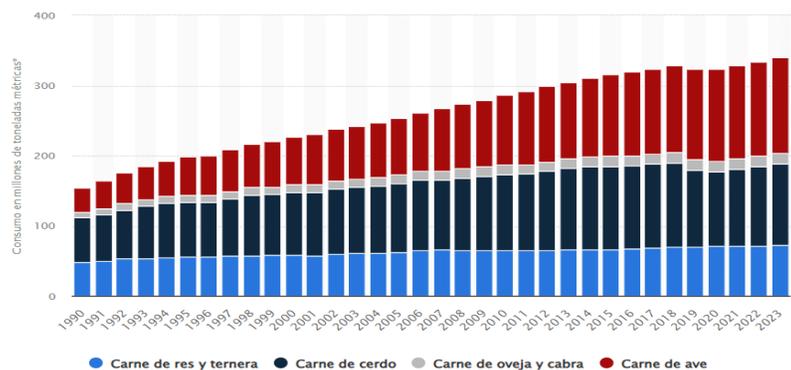
## RESULTADOS

### *Diagnóstico actual*

Haciendo una evaluación del estado del arte, tal como se muestra en la Figura 2 se observa que el consumo mundial de carne ha aumentado considerablemente desde 1990, superando el doble de su nivel en 2023, alcanzando aproximadamente 340 millones de toneladas métricas (Orús, 2024).

**Figura 2**

*Consumo de carne a nivel mundial.*



*Nota.* El gráfico representa el volumen de carne consumida a nivel mundial (en millones de toneladas) de 1990 a 2023. Tomado de Orús (2024).

La carne de ave ha superado a la de cerdo y la res como la mundialmente más consumida. Pasando de 34.6 a 135.5 millones de toneladas entre 1990 y 2023 debido a su bajo costo y menor impacto ambiental (FAO, 2004). Un punto para tener en cuenta es su crianza masiva, la cual no solo cruel sino también genera desafíos en sostenibilidad y bienestar animal. Es un hecho que el crecimiento poblacional ha impulsado la ganadería, con 80,000 millones de animales sacrificados anualmente y 340 millones de toneladas de carne producidas, de las cuales el 2.4% se desperdicia (Whitton et al., 2021; Organización

Mundial de Sanidad Animal, 2024). Se espera que en el 2025 la producción de pollo alcance 139.19 millones de toneladas, mientras que el consumo per cápita global se estabilizará en 34.6 kg para 2026 (Weiblen y Domínguez, 2022; OCDE-FAO, 2017).

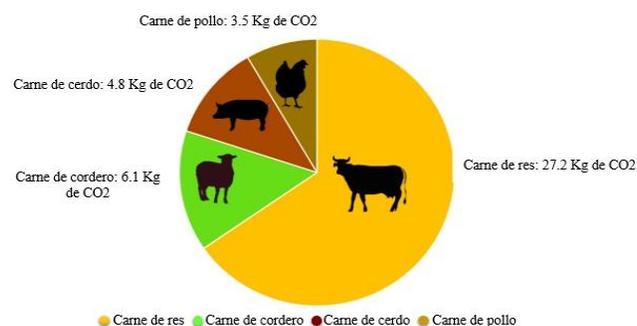
Aunque representa menos del 20% de la energía alimentaria mundial, la ganadería es responsable de 12%-18% de las emisiones de GEI, ocupa el 70% de las tierras agrícolas, y consume más de una cuarta parte de la huella hídrica global (Nguyen et al., 2019). Su impacto ambiental resulta siendo alto, especialmente en el sacrificio y procesamiento, donde se vienen generando elevados residuos y alto consumo de agua (Arteaga y Pasquali, 2013; Esquivel et al., 2020).

La huella hídrica de la carne varía: 550-700 litros por kg de res, 450 litros por kg de cerdo, 300 litros por kg de pollo, mientras que los productos vegetales requieren hasta 1.5 veces menos agua (Confederación de Asociaciones de Frisona Española [CONAFE], 2022; Lozano et al., 2023). Lo curioso es que, en algunos países, la carne es incluso más barata que un metro cúbico de agua potable, reflejando una gestión insostenible de los recursos hídricos. A esto se suma la huella de carbono, donde el metano ( $\text{CH}_4$ ) representa 55%-92% de las emisiones de la ganadería (Tedeschi, 2024). La carne de res genera entre 23.4 y 27.2 kg de  $\text{CO}_2/\text{kg}$ , la de cordero 26.1 kg, mientras que pollo y cerdo solo 3.5 y 4.8 kg de  $\text{CO}_2/\text{kg}$ , respectivamente (González et al., 2020; Acosta, 2017) (Figura 3).

El alto consumo hídrico y las emisiones de GEI hacen de la industria cárnica un sector de gran impacto ambiental. Para mitigar sus efectos, es clave repensar los modelos de producción mediante sistemas agroecológicos, biodigestores y mejor gestión del estiércol, reduciendo así su huella ecológica.

### Figura 3

*Cantidad en kg de  $\text{CO}_2$  equivalente a cada kg de carne de pollo, cerdo, res y cordero*



Hoy en día se están aplicando varias estrategias, como mejorar la eficiencia de la producción, optimizar procesos, reducir el desperdicio de alimentos, cambiar patrones comerciales y modificar la estructura de la dieta (Xue et al., 2019). Según Yoon et al. (2024) mencionan que en los Estados Unidos la Agricultura Animal Sostenible (SAA) se basa en prácticas ambientalmente amigables que equilibran los aspectos económicos, sociales y ambientales; con apoyo gubernamental y tecnológico han impulsado la

transformación hacia la SAA. Por otro lado, Corea del Sur enfrenta desafíos significativos en su transición hacia la SAA, centrándose en estrategias que integren bienestar animal, reducción de emisiones y reciclaje natural, particularmente en respuesta a las demandas del mercado y los compromisos de neutralidad de carbono para el 2050, además, el gobierno está implementando una serie de medidas que incluyen incentivos económicos y regulaciones estrictas para fomentar la innovación en prácticas sostenibles, asegurando así la competitividad del sector agrícola en un entorno global cada vez más exigente (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [MAFRA], 2022).

#### *Impacto ambiental de la producción animal y sus estrategias para mitigarlo*

De acuerdo con Kalhor et al. (2016) en su investigación realizaron una evaluación del ciclo de vida (ACV) sobre la carne, en ello describen que la producción agrícola hizo una gran contribución a los impactos ambientales, donde la cría de cerdos, aves de corral y los pollos de engorde genera menores emisiones que la cría de ganado vacuno, ovino y lechero. Se estima que la cadena avícola produce 0,6 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año (Rosas y Aguilar, 2022). Además, el requerimiento de alimento de los pollos es menor que el de los cerdos y la carne vacuna. Así mismo, las granjas de producción animal emiten amoníaco y partículas al medio ambiente. Donde, más del 53% de las emisiones de gases de efecto invernadero de nuestro sistema alimentario están asociadas con la producción de alimentos de origen animal y la producción de carne. Los desechos resultantes de la acumulación de estiércol provocan emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), por lo cual se están implementando soluciones, como la gestión del estiércol creando un ciclo beneficioso que incrementa la fertilidad del suelo y promueve el crecimiento de las plantas; permitiendo que este residuo cumpla con un doble propósito: servir como fertilizante natural, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos y transformarse en biogás, generando calor y electricidad (Nguyen y Mogensen, 2019). La implementación de biodigestores que utilizan estiércol porcino como biomasa principal, logran mejorar los rendimientos económicos y contribuir al cuidado ambiental. Esta tecnología es considerada altamente eficiente y renovable, de igual manera es útil para generar electricidad, además de calor en instalaciones porcinas y comunidades cercanas (González y Reyes, 2023).

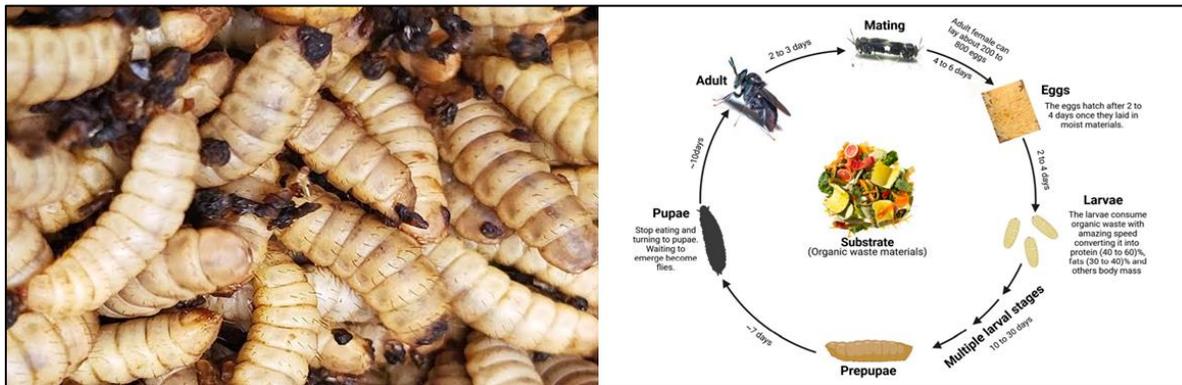
De igual manera, se utiliza el estiércol seco de las aves para inactivar microorganismos patógenos mediante el proceso de compostaje durante 120 horas, utilizando la relación de carbono/nitrógeno, C/N 25 por 25.31, 40.42 y 34.27% y C/N 35 por 44.61, 12.90 y 42.50% de paja de frijol, forraje fresco de sorgo y estiércol seco, respectivamente (Torres, 2023). La inactivación de *E. coli* y de *Salmonella Typhimurium* sucede a temperaturas sostenidas entre 50 y 70 °C, este proceso es una tecnología eficiente para la eliminación de los residuos avícolas.

### Estrategias para mitigar los cultivos extensivos

La deforestación se produce a causa de cultivos extensivos de alimentos para los animales, como las aves, pero actualmente se están utilizando sustitutos que reemplacen el alimento de pollos de engorde, como son las larvas de la mosca soldado negra (BSFL), *Hermetia illucens*.

**Figura 4**

Larvas de la mosca soldado negra.



Nota. Tomado de Salahuddin et al. (2024).

Como se muestra en la Figura 4, estas larvas son originarias de América del sur, se desarrollan a temperatura entre 25 a 30°C, pueden crecer hasta 27 mm de longitud y pesar 220 mg, sus niveles de proteína puede variar de 32% a 53%, dependiendo de la etapa de crecimiento y su dieta. Se ha demostrado que la inclusión de las larvas en las dietas ofrece una fuente de aminoácidos esenciales para mejorar las tasas de crecimiento, la eficiencia alimentaria, el desarrollo muscular y la calidad de la carcasa en los pollos. La quitina, componente esencial de las larvas, forma parte de su estructura en un promedio de 6,17% (Salahuddin et al., 2024).

El ciclo de vida como se visualiza en la Figura 4, comienza con la puesta de 200 a 800 huevos por parte de la hembra adulta, los cuales eclosionan después de 2 a 4 días. Las larvas, emergentes de los huevos, consumen desechos orgánicos. Pasado 10 días, las moscas adultas emergen de las pupas, para aparearse en 2 a 3 días, continuando así el ciclo. Este recurso natural y cultivable resulta ser una fuente de proteína en la nutrición de los pollos, ya que su producción contribuye a la gestión sostenible de residuos y a la reducción del impacto ambiental en la industria avícola.

Asimismo, se están implementando sistemas silvopastoriles (SPS) en Colombia, la cual presenta una oportunidad para intensificar de manera sostenible la producción de carne de res, reduciendo las emisiones GEI y mejorando la productividad del suelo, ya que los árboles ayudan a estabilizar los suelos aumentando su fertilidad, mientras que los forrajes mejorados proporcionan una mayor biomasa y calidad nutricional, considerando el manejo optimizado de ganado que promueve una mayor actividad biológica

y recuperación de tierras degradadas. Beneficia el bienestar animal, ya que proporciona sombra ayudando a reducir el estrés térmico y mejorando la calidad de los forrajes (Charry et al., 2019).

#### *Impacto ambiental del procesamiento cárnico y el aprovechamiento de subproductos generados*

El sector de procesamiento cárnico es considerado como uno de los más contaminantes del macro sector alimentario, debido a que produce una elevada cantidad de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, a esto se suma la elevada huella hídrica utilizada en la limpieza de las instalaciones y la preparación del producto (Arteaga y Pasquali, 2013). Esta cifra es mayor en los países de México con un 50 % y EE.UU. con un 28 % aproximadamente (Esquivel y Salgado, 2020).

Actualmente se están buscando soluciones de aprovechamiento, donde el  $16,34 \pm 1,4\%$  de los subproductos de animales como recortes de carne bovina sub aprovechadas, vísceras, piel, grasa y sangre, son destinados a productos de mayor valor agregado como embutidos, manteca, snacks, harinas, fármacos y jabones, lo cual representa una oportunidad significativa para reducir el desperdicio de alimentos promoviendo la sostenibilidad (Trujillo, 2022).

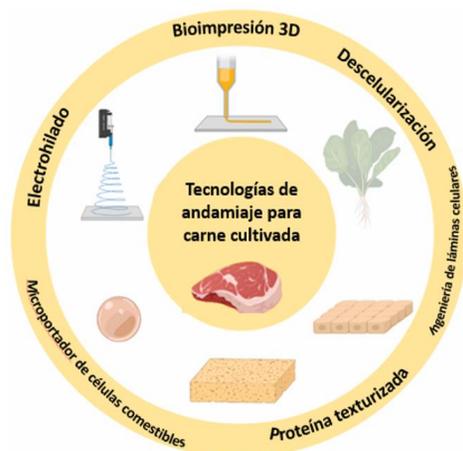
Así mismo, se está utilizando los subproductos del sacrificio porcino, como la cabeza y la lengua, para crear productos cárnicos de tipo Mosaico como una fuente rica en proteínas la cual es una alternativa viable para la industria cárnica y así contribuir a la reducción de los desperdicios (Cepero et al., 2016). Por otra parte, la sangre contiene un alto nivel proteico y aminoácidos esenciales que podrían ser benéficos en la dieta humana. Sin embargo, este residuo suele arrojarse a ríos o lagos cercanos sin ningún tratamiento previo, lo cual evidentemente es un foco de contaminación y una alternativa es utilizarlos para la obtención de otros productos como la harina de sangre o sintetizantes biomateriales (geles) los que actualmente se está utilizando en sustituciones parciales, por ejemplo, en empanizadores para fritura de pechugas de pollo (Pelcastre et al., 2018).

#### *Impacto del consumo de carne y estrategias de mitigación*

Según Whitton et al. (2021) el crecimiento de la población humana requiere 340 millones de toneladas de carne de res para su consumo, sumándose el 2,4% de carne desperdiciada (Organización Mundial de Sanidad Animal, 2024). Por otra parte, el consumo mundial de pescado equivale al 85%, con una tasa media de crecimiento anual del 3,2% (Rosas, 2012). Además, resulta importante hacer la mención de que el consumo de cerdo se encuentra alrededor del 37%, lo que equivale a 110 (mmT) millones de toneladas métricas en algunas partes del mundo (Glone, 2013). Y con respecto a la producción mundial de carne de pollo, se estima un crecimiento de 139,19 millones de toneladas para el año 2025 (Weiblen y Domínguez, 2022).

**Figura 5**

*Tecnologías de andamiaje para la ingeniería de carne cultivada*



*Nota.* Tomado de Levi et al. (2022).

Por tanto, resulta imperativo el buscar alternativas que se desarrollen en paralelo con la producción mundial de carne. En la bibliografía estudiada se tiene por ejemplo el cultivo de carne en “laboratorios”. Este proceso inicia con el aislamiento de algunas células de animales de granja vivos mediante una biopsia, seguida de su expansión en biorreactores para producir una masa celular sustancial; luego para crear una estructura de tejido similar al músculo, como se observa en la Figura 5, las células se cultivan en un andamio comestible que sustenta estructural y biológicamente su ensamblaje (Levi et al., 2022). Palasca y Qaim (2022) mencionan que una solución clave para reducir estos impactos es promover el desarrollo de alternativas vegetales, que imitan las características que presenta la carne, estos están hechos principalmente de soja, arroz o maíz, cáscara de plátano, entre otros. Además, otras alternativas posibles son los insectos en sustitución de las proteínas derivadas de los animales y la creación de carne mediante técnicas de ingeniería de tejido (Rodríguez y Guzmán, 2023). González et al. (2020), en congruencia con la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), recomiendan reducir significativamente el consumo de carnes rojas y productos cárnicos, dado que el consumo excesivo tiene impactos negativos en la salud humana, como son el cáncer colorrectal, enfermedades cardiovasculares, emisiones de gases de efecto invernadero, escasez de agua y contaminación. Así mismo en EE. UU. realizaron un estudio destinado a dilucidar la posible relación entre la ingesta de carne y el carcinoma hepatocelular, donde se mostraron que un mayor consumo de carne roja se asoció con un mayor riesgo del 84% de sufrir carcinoma hepatocelular, mientras que la ingesta de carne blanca redujo hasta un 39% el riesgo de este carcinoma. Por otra parte, una reducción del consumo de carne debería contribuir a la reducción de las emisiones de GEI y su impacto en el calentamiento global y la salud climática. Además, una serie de estudios realizados en los últimos años

han demostrado el importante aporte a los indicadores de huella de carbono a la que contribuyen las carnes rojas, siendo responsables del 40% de las mismas (Abarca et al., 2024).

Por otro lado, los consumidores en Cali, región de Colombia están dispuestos a pagar hasta un 51 % más por carne de res certificada bajo estándares de sostenibilidad ambiental y bienestar animal. Tras recibir información sobre los impactos ambientales, hubo un incremento adicional del 9.88 % cuya cifra es mayor entre consumidores con niveles altos de educación e ingresos. De tal manera, un 70 % de los encuestados indicó que está dispuesto a pagar más por carne de menor impacto ambiental, con un promedio de USD 0.34 por libra, mostrando una variación significativa entre las respuestas (Charry et al., 2019)

### *Inicio del cambio: empresas y países que contribuyen a la reducción del impacto ambiental a nivel mundial*

Una de las empresas más reconocidas a nivel global (McDonald's) ha implementado soluciones desde el 1989 para contribuir con la sostenibilidad ambiental, estableciendo pruebas piloto (Anotador Ambiental) con sus proveedores de carne para medir el uso de agua, el consumo de energía, la producción de desechos sólidos y las emisiones al aire de los proveedores (Goldberg y Droste, 2012). Actualmente, los datos confirman la contribución con la reducción del impacto ambiental en su cadena de suministro, tal es el caso, de la colaboración ecológica con Syngenta y Lopez Foods, en la creación de una nueva tecnología de semillas, como alimento para el ganado, el maíz Enogen el cual es una modificación genética en la semilla que involucra una enzima que convierte rápidamente el almidón en azúcares utilizables, entregando más energía disponible para el ganado y siendo fácilmente digerible, lo que podría significar menos emisiones de GEI y una mejora en la eficiencia alimentaria de aproximadamente el 5 %.

Los hallazgos específicos muestran que por cada 1000 cabezas de ganado vacuno logra potencialmente ahorros anuales de 178 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> en reducción de GEI y la reducción de 28 hectáreas en el uso de la tierra para el cultivo de piensos, utilización de 22 millones de litros menos de agua y ahorro de energía de 231 mil kilovatios-hora. McDonald's espera que esta estrategia evite más de 164.000 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> anualmente, contribuyendo a mitigar el impacto ambiental de la producción de carne (Setiawan y Ellitan, 2023).

Asimismo, en Latinoamérica se están identificando iniciativas sostenibles, que generan un impacto a nivel social, ambiental y económico, con el fin de evaluar su contribución a los objetivos de desarrollo sostenible. Para ello, Sandoval et al. (2023) llevó a cabo una revisión de las iniciativas públicas relacionadas con la actividad ganadera bovina en Colombia de la última década y sus resultados

obtenidos, revelan la existencia de un total de 23 iniciativas en el sector, de las cuales únicamente 3 cumplen con los criterios de sostenibilidad (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Iniciativas del sector cárnico en Colombia que cumplen con los criterios de sostenibilidad.*

<b>Iniciativa</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
<b>Proyecto de Cadenas Sostenibles</b>	2021	Busca promover el trabajo decente y sostenible en la cadena de suministro de la carne.
<b>Política Pública NAMA</b>	2021	Promueve la ganadería sostenible como una forma de contribuir a la lucha contra el cambio climático.
<b>Resolución 000126</b>	2022	Adopta los lineamientos de la Política de Ganadería Bovina Sostenible (GBS) 2022-2050 para disminuir efectos negativos de la ganadería bovina extensiva en el medio ambiente.

*Nota.* Adaptado de Sandoval (2023).

## DISCUSIÓN

Los estudios han demostrado que la industria cárnica es una amenaza, ya que tiene un impacto significativo para el deterioro ambiental y el cambio climático (Reyes y Cano, 2022). Es por ello que se está tratando de realizar una transformación hacia un sistema de ganadería sostenible, basado en principios y prácticas agroecológicas, donde se mejora la salud del ecosistema o la eficiencia productiva. Además, la agroecología ofrece soluciones, como el pastoreo rotacional, sistemas integrados de producción y manejo del estiércol, contribuyendo a la restauración de los ecosistemas, la reducción de la huella ambiental y la creación de comunidades rurales más fuertes (Lozano, 2023; Tedeschi, 2024).

Las prácticas ganaderas sostenibles en Estados Unidos y Corea del Sur se destacan por implementar tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. En Estados Unidos, el uso de dispositivos inteligentes y tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) permite monitorear en tiempo real la salud y el bienestar animal, optimizando recursos como la alimentación, lo que reduce costos y emisiones de GEI. Por su parte, Corea del Sur ha adoptado prácticas como la gestión del estiércol y la reducción de antibióticos, afrontando desafíos relacionados con la limitada disponibilidad de tierras y la contaminación ambiental. Ambos países han logrado avances significativos en la reducción de emisiones y el uso eficiente de recursos naturales. Sin embargo, mientras Estados Unidos cuenta con una infraestructura más desarrollada y apoyo gubernamental, Corea del Sur requiere políticas más integradas para fomentar una agricultura sostenible (Yoon et al., 2024).

Se puede considerar el potencial de los biodigestores como una solución sostenible es aplicada en la crianza porcina y vacuna. (González y Reyes, 2023). Estos biodigestores son utilizados para gestionar el estiércol fresco de los animales y producir biogás, una fuente de energía renovable logrando así reducir las emisiones de GEI entre un 23% y 53% (Barrena et al., 2019). Por su parte Martínez et al. (2017) argumentan que la crianza porcina produce 4 Kg de estiércol fresco por día por cada cerdo criado. Esto indica un dato aproximado de que cada cerdo es capaz de producir 0.33 m<sup>3</sup> de biogás útil al día. Por tanto,

se puede extraer 100,000 m<sup>3</sup>/día de biogás y producir aproximadamente 60I GWh de energía eléctrica, sustituyendo así cerca de 114,000 barriles de petróleo al año y con un ahorro de 40,000 toneladas de CO<sub>2</sub> que no serían liberadas al medio ambiente. Por otro lado, la industria cárnica es el sector con un consumo considerable de agua, debido a la complejidad de sus procesos, desde el manejo de animales hasta el procesamiento de productos, generando una elevada huella hídrica. Esta reducción es tan urgente como la reducción de la huella de carbono, aunque a menudo se pasa por alto. De tal manera, se debe aprovechar el agua de lluvia ya que es un mecanismo que contribuye en la reducción de huella hídrica, de los productos de origen animal (Arjen, 2012).

La creciente preocupación por los impactos ambientales de la industria cárnica ha fomentado el desarrollo y la promoción de alternativas vegetales más sostenibles. Sin embargo, a pesar de este impulso, muchas personas continúan consumiendo carne en cantidades significativas. Este comportamiento puede atribuirse a varios factores, como las preferencias culturales y los hábitos alimenticios. Además, muchos consumidores encuentran que las alternativas vegetales no replican completamente la experiencia sensorial de la carne, lo que puede llevar a la resistencia a su adopción (Palasca y Qaim, 2022; Arellano, 2023).

## **CONCLUSIONES**

Las emisiones de GEI pueden reducirse mediante diversas estrategias, desde la mejora de la eficiencia de producción hasta la optimización de procesos, la reducción de desperdicios alimentarios, el cambio de patrones comerciales y la modificación de la estructura dietética.

La reducción del consumo de carne, especialmente de res, y el aprovechamiento de subproductos comestibles podrían tener un gran impacto en la reducción de emisiones. Además, la eliminación de desperdicios de carne en las etapas de venta y consumo también contribuiría significativamente a la reducción de emisiones.

La transición hacia sistemas alimentarios más sostenibles es imperativa en el contexto de la crisis climática. Los hallazgos de estos estudios subrayan la importancia de involucrar a todos los actores, desde productores hasta consumidores, en la adopción de prácticas más responsables. Además, se requiere un esfuerzo conjunto entre gobiernos, industria y comunidad científica para superar los desafíos actuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, G., Villanueva, M., Bächler, S. T., Fredes, C., Aguirre, C., & Parada, A. (2024). Hacia una alimentación saludable y sostenible: selección de alimentos ricos en proteínas. *Revista chilena de nutrición*, 51(6), 485-493. doi: <https://doi.org/10.4067/s0717-75182024000600485>
- Acosta, A. (2017). *Reducir a la mitad el consumo de carne para salvar el planeta y la salud*. ABC Sociedad. [https://www.abc.es/sociedad/abci-reducir-mitad-consumo-carne-para-salvar-planeta-y-salud-201712042137\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-reducir-mitad-consumo-carne-para-salvar-planeta-y-salud-201712042137_noticia.html)
- Arellano, V. (2023). *Aprovechamiento y elaboración de carne vegetal tipo hamburguesa a partir de la reutilización de la cáscara de plátano macho (Musa balbisiana)*[Trabajo de integración curricular, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/20299>
- Arjen, Y. (2012). El uso oculto de los recursos hídricos detrás de la carne y los productos lácteos. *Animal Frontiers*, 2(2),3-8. <https://doi.org/10.2527/af.2012-0038>
- Arteaga, M., y Pasquali, C. (2013). Impacto socio ambiental de las empresas cárnicas de los Valles del Tuy. *Multiciencias*, 13(4). <https://www.redalyc.org/pdf/904/90430055004.pdf>
- Cepero, Y., Nuñez, M., & Beldarrain, T. (2016). Desarrollo de Productos Cárnicos a Partir del Aprovechamiento de Subproductos del Sacrificio Porcino. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 14(3), 8.
- Charry, M., Enciso, K., Peters, M. y Burkat, S. (2019). Intensificación sostenible de la producción de carne de vacuno en Colombia: posibilidades de diferenciación de productos y primas de precios. *Agric Econ*, 7(22). <https://doi.org/10.1186/s40100-019-0143-7>
- Confederación de Asociaciones de Frisona Española [CONAFE]. (2022). Realidad Ganadera: ¿Cuánta agua se utiliza para producir 1 kg de carne? *Revista Frisona*. <https://www.revistafrisona.com/Noticia/realidadganadera-cuanta-agua-se-utiliza-para-producir-1-kg-de-carne>
- Consejo Nacional del Ambiente [CONAM] (2023). *Informe sobre el impacto ambiental del sector agropecuario en Perú*. Consejo Nacional del Medio Ambiente.
- Dirección General de Salud e Inocuidad Alimentaria [DIGESA] (2023). *Evaluación de residuos en mataderos municipales de Cajamarca*. Dirección General de Salud Ambiental.
- Environmental Protection Agency [EPA] (2023). *Greenhouse Gas Inventory Report*. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/ghgreport>
- Esquivel, A. y Salgado, M. (2020). Huella hídrica de once productos de origen animal de México y Estados Unidos. *RUIIEC repositorio universitario*, 2(2),324-338. <https://ru.iiec.unam.mx/5116/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO] (2022). *The Future of Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/cc0660en/cc0660en.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO] (2023). *Global Meat Market Trends*. Food and Agriculture Organization.
- Glone, J. (2013). The future of pork production in the world: Towards sustainable, welfare-positive systems. *Animals*, 3 (2), 401-415. <https://doi.org/10.3390/ani3020401>

- Goldberg, R., & Droste, J. (2012). McDonald's Corporation: gestión de una cadena de suministros sostenible. *McVictory*, 9. <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/fac148cd-44bc-4766-9f5b-b64e0fa19a2c/content>
- González, N., Marqués, M., Nadal, M., y Domingo, J. (2020). Meat consumption: ¿Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidence. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 137(109341), 109341. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>
- González, S. y Reyes, B. (2023). Procedimiento para la gestión ambiental en la producción porcina: municipio Holguín, Cuba. *Ciencias Holguín*, 29(2). <https://www.redalyc.org/journal/1815/181574886005/html/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2023). *Consumo per cápita de carne en el Perú. Instituto Nacional de Estadística e Informática.*
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA] (2023). *Impacto ambiental del sector ganadero en Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.*
- Kalhor, T., Rajabipour, A., Akram, A., y Sharifi, M. (2016). Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. *Information Processing in Agriculture*, 3(4), 262–271. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317316300336>
- Levi, S., Chun, F., Baruch, L., y Machluf, M. (2022). Scaffolding technologies for the engineering of cultured meat: Towards a safe, sustainable, and scalable production. *Trends in Food Science and Technology*, 126, 13-25. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224422001790>
- Lozano, G., Escalona, M., Baca del Moral, J, y Cuevas, V. (2023). Principios y prácticas agroecológicas para la transición hacia una ganadería bovina sostenible. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 14(3), 696-724. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6287>
- Martínez, N., Álvarez, E., y García, M. (2017). El liderazgo en las organizaciones: evolución histórica y principales enfoques teóricos. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, 158 (4), <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6214565https>
- Ministerio del Ambiente del Perú [MINAM] (2023). *Evaluación del impacto ambiental en Cusco. Ministerio del Ambiente del Perú.*
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). (2022). *Roadmap to achieve carbon neutrality in the agricultural sector by 2050.* Government of South Korea.
- Nguyen, T., Hermansen, J. y Mogensen, L. (2019). Environmental costs of meat production: the case of typical EU pork production. *Journal of Cleaner Production* 28 (2012) 168-176 <https://sci-hub.se/10.1016/j.jclepro.2011.08.018>.
- Nguyen, T., Hermansen, J. y Mogensen, L. (2019). Environmental costs of meat production: the case of typical EU pork production. *Journal of Cleaner Production*, 28, 168-176. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.018>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). *Carne y productos cárnicos.* <https://www.fao.org/4/j3877s/j3877s08.htm>
- Organización Mundial de Sanidad Animal. (2024). *Bienestar animal: un bien vital para un mundo más sostenible.* <https://doi.org/10.20506/woah.3445>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)/FAO (2017), OCDE-FAO. *Perspectivas Agrícolas 2017-2026*, Éditions OCDE, París. Doi: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-es)

- Orús, A. (2024). Consumo de carne a nivel mundial por tipo 1990-2023. *Statista*, 20(5). <https://es.statista.com/estadisticas/1330024/consumo-de-carne-a-nivel-mundial-por-tipo/#:~:text=El consumo mundial de carne,135%2C5 millones en 2023.>
- Palasca, M., y Qaim, M. (2022). Meat consumption and sustainability. *Annual Review of Resource Economics*, 14(1). <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-resource-111820-032340>
- Pelcastre, V., Ramírez, S., Cruz, E., Hernández, M., Ruíz, A., Vázquez, G. (2018). Aprovechamiento de Sangre Ovina para la Elaboración de un Sustituto de Empanizador. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 5(10). <https://portal.amelica.org/ameli/journal/595/5952866017/5952866017.pdf>
- Reyes, P. y Cano, D. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572022000100053&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572022000100053&script=sci_abstract)
- Rodríguez, B. y Guzmán, A. (2023). Consumo de carne y sostenibilidad: Actitudes de los jóvenes en España. *Revista Internacional de Humanidades*, 19(3). <https://www.ojs.bdtopen.com/33015.eapublishing/index.php/humanrev/article/view/1677/1794>
- Rosas, J. (2012). Fish matters: Importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(9), 882-889. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10641262.2012.753405>
- Rosas-Martínez, V., & Aguilar-Rivera, N. (2022). *Compostaje para la reducción de excretas de aves (Gallus gallus domesticus)*. Agron. Mesoam.
- Salahuddin, M., Ahmed, A., Kohzy, H., Tomberlin, J. y Jayant, L. (2024). Flight towards Sustainability in Poultry Nutrition with Black Soldier Fly Larvae. *Pubmed City*, 14(3) 510. <https://doi:10.3390/ani14030510>
- Sandoval, J., Doza, E., y Barbosa, F. (2023). Transición Sostenible del Sector Ganadero Bovino Colombiano y su Vinculación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 16(33), 30. <https://doi.org/https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.227>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI] (2022). *Cambio climático y degradación de pastizales en Puno*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Setiawan, V., y Ellitan, L. (2023). Supply Chain Management and Supply Chain Performance: The Case of Mcdonald's. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(3).
- Tedeschi, L. (2024). Applying Systems Thinking to Sustainable Beef Production Management: Modeling-Based Evidence for Enhancing Ecosystem Services. *Artículo Systems* 12(11) 446. <https://www.mdpi.com/2079-8954/12/11/446>
- Torres, M., Ochoa, N., Nieto, A., Murillo, B., Lavastida, P y Alfonso, P. (2023). Inactivación de patógenos en residuos avícolas mediante el compostaje. *Revista de investigaciones veterinarias del Peru*, 34(4). <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i4.24488>
- Trujillo, L. (2022). Innovación de Productos en la Minimización de Residuos y Mejoramiento Productivo de una Empresa de la Industria Cárnica. *Agrociencia*, 21(1), 55
- Weiblen, R., y Domínguez, R. (2022). Estimating chicken meat productions of leader countries for 2019-2025 years. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(22), 6211-6221. <https://www.scielo.br/j/cr/a/PYkxgFC8j7sPCkWbRYMtcWR/>

- Whitton, C., Bogueva, D., Marinova, D., y Phillips, C. (2021). Are we approaching peak meat consumption? Analysis of meat consumption from 2000 to 2019 in 35 countries and its relationship to gross domestic product. *Animals*, 11(12) 3466. <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/12/3466>
- WWF (2022). Impacto de la ganadería en la deforestación amazónica. World Wildlife Fund.
- Xue, L., Prass, N., Gollnow, S., Davis, J., Scherhauser, S., Östergren, K., Cheng, S., Liu, G. (2019). Efficiency and Carbon Footprint of the German Meat Supply Chain. *Environ Sci Technol*. 53(9): 5133-5142. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30968696/>
- Yoon, I., Sang, O., Kim, S. (2024). Sustainable animal agriculture in the United States and the implication in the Republic of Korea. *Anim Sci Technol*. 66(2): 279-294 <https://doi.org/10.5187/jast.2024.e19>