



Efectos del consumo de proteínas alternativas frente a proteínas tradicionales en la salud y bienestar humano: Revisión sistemática y análisis bibliométrico

Effects of consuming alternative proteins versus traditional proteins on human health and wellbeing: Systematic review and bibliometric analysis

Haydee Leon Anaya^{1*}; Raquel Nancy Veliz Sagarvinaga¹; Yaser Michael Chavez Solano¹; Crhistian Omar Larrea Cerna¹; David Callirgos Romero²

1 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Tayacaja, Perú.

2 Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes. Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Tumbes, Perú.

* Autor correspondal: 75551610@unat.edu.pe (H. Leon Anaya).

ORCID de los autores:

H. Leon Anaya: <https://orcid.org/0009-0002-6934-391X>

Y. M. Chavez Solano: <https://orcid.org/0009-0003-9412-496X>

D. Callirgos Romero: <https://orcid.org/0009-0004-7428-4154>

R. N. Veliz Sagarvinaga: <https://orcid.org/0009-0003-7820-7546>

C. O. Larrea Cerna: <https://orcid.org/0009-0009-5402-7747>

RESUMEN

Este artículo de revisión aborda las proteínas del futuro como alternativas saludables para la alimentación humana, destacando su relevancia en el contexto de la sostenibilidad y el bienestar nutricional. El objetivo del estudio fue realizar una revisión sistemática sobre el impacto de estas proteínas en la salud humana y su comparación con las proteínas tradicionales. Se utilizó una metodología que incluyó una búsqueda en la base de datos Scopus empleando criterios PICOC, análisis bibliométrico mediante Bibliometrix, y la aplicación de la directriz PRISMA. A partir de 207,399 estudios, se seleccionaron 100 artículos que resaltaron el potencial de las proteínas vegetales, de insectos y la carne cultivada en términos de sostenibilidad y nutrición. Sin embargo, se identificaron barreras como la percepción sensorial, la falta de información nutricional y la disponibilidad en países emergentes. En el análisis, se subrayó la importancia de mejorar las propiedades sensoriales y funcionales de estas proteínas para promover su aceptación. En conclusión, los resultados mostraron que las fuentes proteicas aún enfrentan desafíos tecnológicos y culturales, pero su desarrollo avanza de manera significativa. Es esencial continuar con investigaciones que permitan mejorar su calidad nutricional, reducir costos de producción y fortalecer la confianza del consumidor, garantizando así su integración sostenible y viable en la alimentación humana.

Palabras clave: proteínas del futuro; alternativas saludables; alimentación humana; sostenibilidad; bienestar nutricional.

ABSTRACT

This review article addresses the proteins of the future as healthy alternatives for human nutrition, highlighting their relevance in the context of sustainability and nutritional well-being. The objective of the study was to conduct a systematic review of the impact of these proteins on human health and compare them with traditional proteins. The methodology included a search of the Scopus database using PICOC criteria, bibliometric analysis using Bibliometrix, and application of the PRISMA guideline. From 207,399 studies, 100 articles were selected that highlighted the potential of plant, insect, and cultured meat proteins in terms of sustainability and nutrition. However, barriers such as sensory perception, lack of nutritional information, and availability in emerging countries were identified. The analysis underscored the importance of improving the sensory and functional properties of these proteins to promote their acceptance. In conclusion, the results showed that protein sources still face technological and cultural challenges, but their development is advancing significantly. It is essential to continue research to improve their nutritional quality, reduce production costs, and strengthen consumer confidence, thus ensuring their sustainable and viable integration into the human diet.

Keywords: proteins of the future; healthy alternatives; human nutrition; sustainability; nutritional well-being.

Recibido: 10-05-2025.

Aceptado: 17-11-2025.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población mundial plantea un desafío en la provisión de alimentos, aumentando la necesidad de fuentes de proteínas sostenibles (Novodvorski & Silva, 2023). Las proteínas animales presentan limitaciones ambientales y económicas, lo que ha impulsado el desarrollo de alternativas como las vegetales, de insectos y la carne cultivada (Chia et al., 2024; Dong et al., 2024). De acuerdo con Rodríguez et al. (2025), la biotecnología y la ingeniería alimentaria están permitiendo que las proteínas cultivadas se produzcan a menor costo y con mayor eficiencia. Estas buscan replicar el valor nutricional de las proteínas convencionales y mejorar su sostenibilidad (Jane et al., 2021; Schlepphorst et al., 2023).

Sin embargo, la aceptación de estas alternativas enfrenta barreras como la falta de información nutricional y su percepción sensorial (Abebe et al., 2024; Malek & Umberger, 2023). En países emergentes, el desconocimiento, los precios y la disponibilidad afectan su adopción (Sadowski et al., 2024). Entre las opciones más estudiadas destacan las proteínas vegetales, insectos, algas y hongos por su menor impacto ambiental (Joseph et al., 2020; Nunes et al., 2024). No obstante, la aceptación sensorial sigue siendo un reto, especialmente en productos a base de algas y hongos (Surya Ulhas et al., 2023; Grossmann & Weiss, 2021). De acuerdo con Wang et al. (2025), el uso de algas y hongos representa una alternativa prometedora debido a su alta productividad por hectárea y su bajo consumo de agua.

Los insectos han mostrado viabilidad en la elaboración de yogures, panes y mayonesas, mejorando su aceptación sensorial (Oupathumpanont et al., 2024; Francis et al., 2024). Por otro lado, la carne cultivada y

las proteínas recombinantes buscan ofrecer alternativas nutricionalmente equivalentes a la carne convencional sin sus efectos negativos (Flaibam et al., 2024; Takeda et al., 2023). Aunque estas innovaciones contribuyen a la sostenibilidad, persisten desafíos en su comercialización, regulaciones y percepción del consumidor (Zhu & Begho, 2022; Etter et al., 2024).

Factores culturales y emocionales también influyen en la aceptación de estas proteínas, con mayor resistencia hacia insectos y carne cultivada debido a la tradición alimentaria y la desconfianza tecnológica (Onwezen et al., 2022; Anagonou et al., 2024). La percepción de naturalidad y normas sociales juegan un papel crucial en la adopción de estos productos (Hadi et al., 2021).

Casos exitosos demuestran su potencial. Las macroalgas rojas pueden sustituir proteínas animales y mitigar problemas ecológicos (Amoneit et al., 2024). Los hidrolizados proteicos y proteínas recombinantes han permitido el desarrollo de quesos y yogures alternativos (Díaz-Bustamante et al., 2023; Flaibam et al., 2024). En Italia, los consumidores vegetarianos y veganos son más receptivos a insectos y vegetales (Mancini & Antonioli, 2022; Drewnowski et al., 2024), mientras que, en Canadá y Finlandia, la conciencia ambiental favorece su aceptación (Liu et al., 2022a).

A pesar de los desafíos, la investigación en proteínas alternativas sigue avanzando, con énfasis en la mejora de sus propiedades sensoriales y funcionales. El objetivo de esta revisión sistemática es analizar los efectos del consumo de proteínas alternativas en la salud y el bienestar de los consumidores, en comparación con las proteínas tradicionales, identificando los beneficios, desafíos y avances tecnológicos relacionado con su producción y aceptación.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura (RSL) sobre proteínas alternativas saludables para la alimentación humana. En un primer acercamiento, se llevó a cabo una búsqueda de información intuitiva, enfocada en la recopilación de estudios y artículos que presentarán una relación directa con el tema central propuesto. Esta búsqueda preliminar permitió establecer un panorama general del contenido existente y su relevancia para los objetivos planteados. Utilizando la base de datos SCOPUS, se identificaron un total de 207 399 artículos que abordan este tema en particular, lo que pone de manifiesto la amplitud del conocimiento ya generado en este tema.

Posteriormente, se utilizó la metodología PICOC (Problema, Intervención, Comparación, Resultados y Contexto) para definir las palabras clave en la base de datos SCOPUS, con el fin de realizar una búsqueda más exhaustiva y específica. Esta estrategia fue propuesta por Petticrew & Roberts (2006) y es clave en la estructuración de revisiones sistemáticas.

Formulación de las preguntas de investigación

Smith & Cols. (2021) afirman que es fundamental definir los elementos clave de una pregunta de

investigación para facilitar la identificación de estudios y la extracción precisa de datos. Según su análisis, este enfoque es adaptable a múltiples disciplinas, incluyendo tanto las ciencias sociales como la ingeniería, y resulta esencial para asegurar la pertinencia.

Pregunta general

Q1: ¿Qué efectos produce el consumo de proteínas alternativas a la salud y bienestar de los consumidores en comparación con las proteínas tradicionales?

Preguntas específicas

EQ1: ¿Cuáles son los principales beneficios nutricionales de las proteínas alternativas como las vegetales, insectos, y carne cultivada?

EQ2: ¿Qué diferencias existen entre las proteínas alternativas y convencionales en cuanto a su valor nutricional y los beneficios que aportan a la salud?

EQ3: ¿Qué proteínas alternativas son más beneficiosas para la salud humana, considerando su aporte nutricional y efectos en el bienestar?

EQ4: ¿Qué avances en la producción de proteínas alternativas están mejorando su calidad nutricional y su impacto en la salud humana?

Formulación de ecuaciones y herramientas de búsqueda

Para la búsqueda sistemática se emplearon operadores lógicos booleanos, tales como "AND", "OR" y "NOT". Además, se utilizó la base de datos IATE, que proporciona términos y definiciones específicos relacionados con la industria alimentaria, facilitando así la identificación de estudios pertinentes. Este enfoque metodológico garantiza la rigurosidad y la validez de los hallazgos, contribuyendo al entendimiento de las proteínas alternativas en el contexto de la sostenibilidad y la salud pública. En la Tabla 1 se presentan las palabras clave junto con los operadores booleanos y las palabras clave entre comillas.

Análisis Bibliométrico

La búsqueda bibliométrica sobre proteínas del futuro, alternativas saludables para la alimentación humana (2000-2024) revela un campo en crecimiento con 1868 documentos publicados en 606 fuentes. La tasa de crecimiento anual del 16,1% y la colaboración internacional en el 29,39% de los estudios destacan la relevancia global de esta área. Con un promedio de 5,28 coautores por documento y una edad media de 4,49 años para las publicaciones, se observa un enfoque constante hacia la innovación reciente. Además, el impacto de estas investigaciones es significativo, con un promedio de 25,1 citas por artículo, lo que subraya su influencia en la comunidad científica (Figura 1). El análisis de una red de concurrencia, realizado mediante el paquete Bibliometrix en RStudio, evidencia la relación entre los diferentes campos de investigación a través de las palabras clave proporcionadas por los autores (Figura 2). Los resultados revelan un enfoque creciente en las proteínas alternativas, destacando su importancia en la investigación sobre alimentación sostenible. Cada círculo simboliza una palabra clave utilizada en los artículos de investigación, y su tamaño indica la frecuencia con la que aparece en los estudios. Este análisis resalta la importancia de las proteínas alternativas en el futuro de la alimentación, señalando

áreas clave para futuras investigaciones, como la aceptación del consumidor y los beneficios nutricionales en comparación con fuentes tradicionales.

La gráfica de Producción Científica Anual (Figura 3) revela un notable crecimiento en el número de artículos publicados desde el año 2000, indicando un creciente interés en la investigación relacionada sobre proteínas del futuro, alternativas saludables para la alimentación humana. Inicialmente, la producción fue baja e inestable, sin embargo, en el año 2023, se observa un pico significativo en la publicación de artículos, lo que refleja la creciente importancia de buscar alternativas de proteínas sostenibles.

Criterios de inclusión y exclusión

Se establecieron los criterios de inclusión y exclusión antes de realizar la revisión sistemática de la literatura (RSL) con el objetivo de minimizar sesgos. La selección de los artículos se basó en criterios específicos, como el período de estudio, el idioma, el tipo de literatura, la fuente y la accesibilidad (Carrera-Rivera et al., 2022).

Tras una búsqueda exhaustiva en la base de datos SCOPUS, utilizando el diagrama PRISMA y aplicando los criterios de inclusión y exclusión detallados en la Tabla 2, se seleccionaron 100 artículos para la presente revisión. Este conjunto final de estudios se obtuvo a partir de un total inicial de 207,399 documentos. Posteriormente, se registró la metodología PICOC junto con los criterios de inclusión (CI1, CI2, CI3, CI4, CI5, CI6) y exclusión (CE1), generando el resultado final que se presenta en la Figura 4.

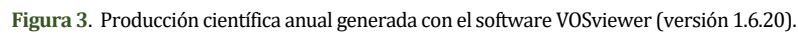
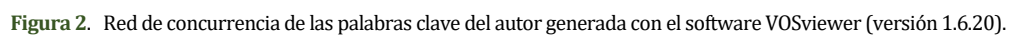
Se seleccionaron 100 artículos científicos tras un análisis exhaustivo de 1911 documentos obtenidos mediante la metodología PICOC. Durante este proceso de evaluación, se identificó que 1811 artículos no presentaban un desarrollo relevante o significativo en relación con el tema abordado en esta revisión sistemática de la literatura (RSL). La aplicación de este enfoque riguroso garantiza la inclusión exclusiva de estudios que aporten valor y pertinencia al análisis de las alternativas saludables de proteínas del futuro.

Tabla 1
Ecuaciones de búsqueda

| Base de datos | Palabras / Ecuación de búsqueda | Nº de artículos |
|---------------|--|-----------------|
| SCOPUS | ("Alternative proteins" OR "Human health" OR "Traditional proteins" OR "Alternative foods") AND ("Plant proteins" OR "Insect protein" OR "Cultured meat" OR "Fermentation" OR "Consumer behaviour" OR "Protein sources") AND ("Edible insect" OR "Animal proteins" OR "Alternative proteins" OR "Nutritional value" OR "Food safety" OR "New technologies" OR "Meat substitute") AND ("Viable alternative proteins" OR "Consumer acceptance" OR "Healthy diet" OR "Protein sources") AND ("Food innovation" OR "Biotechnology" OR "Nutrition" OR "Consumer trends" OR "Protein sources") | 1911 |



Figura 1. Indicadores bibliométricos de la investigación generados con el software Bibliometrix (RStudio, versión 4.3).



Criterios para la búsqueda de artículos científicos (PRISMA)

```

graph TD
    A[Estudios identificados mediante búsqueda intuitiva en base de datos SCOPUS (n= 207399)] --> B[Registros cribados (n=207399)]
    B --> C[Publicaciones identificadas usando algoritmo PICOC (n= 1911)]
    C --> D[Publicaciones evaluados para elegibilidad: (n= 169)]
    D --> E[Nuevos estudios incluidos en la revisión: (n= 100)]
    B --> F[Registros excluidos (n=205488)]
    C --> G[Publicaciones no recuperadas (n=1742)]
    D --> H[Aplicando CE:1 (n=69)]
  
```

El diagrama de flujo ilustra el proceso de selección de estudios para la revisión sistemática, organizado en tres columnas verticales que representan las etapas: Identificación, Cribado e Inclusión.

- Identificación:** Comienza con "Estudios identificados mediante búsqueda intuitiva en base de datos SCOPUS (n= 207399)".
- Cribado:** Se muestran los pasos de "Registros cribados (n=207399)", "Publicaciones identificadas usando algoritmo PICOC (n= 1911)" y "Publicaciones evaluados para elegibilidad: (n= 169)".
- Inclusión:** El resultado final es "Nuevos estudios incluidos en la revisión: (n= 100)".

Además, se detallan las exclusiones en la columna central:

- Desde "Registros cribados", se excluyeron "Registros excluidos (n=205488)".
- Desde "Publicaciones identificadas", se excluyeron "Publicaciones no recuperadas (n=1742)".
- Desde "Publicaciones evaluadas", se excluyeron "Aplicando CE:1 (n=69)".

Figura 4. Diagrama de flujo PRISMA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Año de publicación de las investigaciones

Se seleccionaron 100 artículos de la base de datos Scopus para su análisis, la mayoría de estas investigaciones se publicaron en 2023 (35 artículos), seguido de 2024 con 23 artículos y 2021 con 22 artículos, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3
Investigaciones encontradas tras aplicar la metodología PRISMA

| Año | Nº de artículos |
|-------|-----------------|
| 2021 | 22 |
| 2022 | 20 |
| 2023 | 35 |
| 2024 | 23 |
| Total | 100 |

Resultados de la cantidad de artículos publicados por país a nivel mundial

La Figura 5 muestra la distribución global de artículos sobre las proteínas del futuro. Estados Unidos lidera con una participación del 42%, seguido por China con el 25%. Esto sugiere que estos países podrían ser mercados clave para el desarrollo y promoción de nuevas fuentes de proteínas alternativas, dada su gran demanda. Otros países como Italia 10%, Alemania 8%, España 4% y Portugal 3% también tienen presencia, indicando que la búsqueda de soluciones proteicas sostenibles y saludables es una preocupación global.

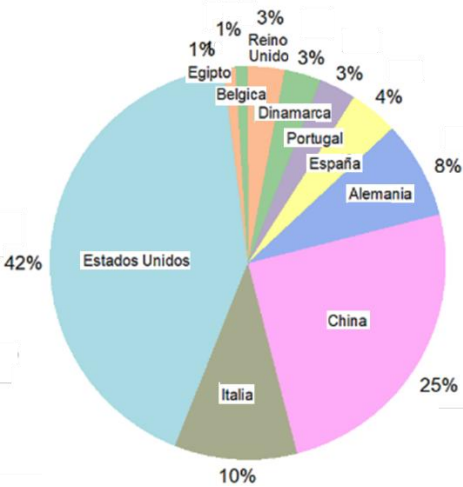


Figura 5. Investigaciones encontradas por país sobre proteínas alternativas.

Resultado de las preguntas PICOC

Para analizar las preguntas PICOC se usaron 100 artículos de los encontrados tras aplicar la metodología Prisma.

Pregunta Q1

Q1: ¿Cómo afecta el consumo de proteínas alternativas a la salud y bienestar de los consumidores en comparación con las proteínas tradicionales?

La Figura 6 presenta las percepciones de los consumidores sobre los beneficios de las proteínas alternativas en comparación con las tradicionales. Un 22% de los encuestados destacó la mejora en la digestibilidad y absorción de estas proteínas, lo que

sugiere una predisposición favorable hacia la exploración de nuevas fuentes proteicas. Además, aspectos como el 'aporte antioxidante y reducción del estrés oxidativo' y la 'sostenibilidad y menor huella ambiental' fueron señalados por un 20% de los participantes, lo que indica un reconocimiento de los beneficios asociados al consumo de proteínas alternativas para la salud y el bienestar general. De manera similar, la 'mejora en el perfil nutricional, incluyendo aminoácidos y minerales', fue identificada por un 18% de los encuestados, reforzando la percepción positiva de estas proteínas en términos nutricionales y su potencial aceptación en el mercado. Por otro lado, factores como el 'beneficio para la microbiota y la salud intestinal' (8%), la 'aplicabilidad en alimentos funcionales y dietas especiales' (10%) y el 'aumento en la aceptación y percepción positiva' (12%) fueron considerados menos relevantes por los consumidores en comparación con los beneficios previamente mencionados. Esto sugiere que, si bien estos aspectos pueden ser valorados, no constituyen una prioridad en la decisión de compra y consumo de proteínas alternativas.

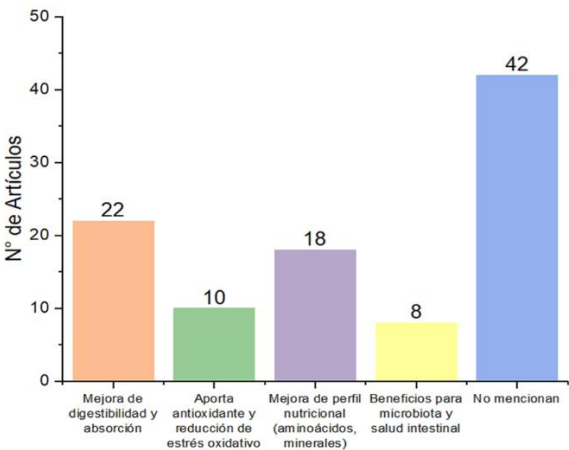


Figura 6. Investigaciones sobre el consumo de proteínas a la salud y bienestar de los consumidores.

Las proteínas alternativas muestran diferencias clave respecto a las tradicionales en valor nutricional y beneficios para la salud. Sarmiento-García et al. (2021) destacan que *Calliphora* sp. mejora la calidad de la carne de pollo al aumentar ácidos grasos insaturados, con beneficios cardiovasculares. Nino et al. (2021) resaltan las propiedades antioxidantes de *Acheta domesticus*, gracias a sus compuestos fenólicos, ausentes en la carne tradicional. Montalbán et al. (2023) y Nasir et al. (2024) subrayan que *Tenebrio molitor* convierte biomasa en proteínas de alto valor, con perfiles similares a la carne convencional, aunque con mayor contenido de calcio, hierro y zinc. En acuicultura, Randazzo et al. (2021) y Cardinaletti et al. (2022) reportan que la inclusión de harinas de *Hermetia illucens* o *Tenebrio molitor* en dietas de dorada y trucha mejora la función intestinal y la retención de nutrientes, aunque en niveles elevados afecta la inmunidad, a diferencia de las proteínas marinas. Zhang et al. (2022) observó efectos similares en corvina amarilla, mejorando la salud intestinal sin

afectar el crecimiento. Las proteínas vegetales también presentan oportunidades. Zipori et al. (2024) muestran que la fermentación de guisante mejora su perfil sensorial, mientras que Ma et al. (2024) destacan la alta digestibilidad de la levadura torula, comparable a la soja. Baune et al. (2023) exploraron híbridos con 30% de proteínas vegetales, viables pero dependientes de la percepción sensorial, como indica Tiboldo et al. (2024), quien señala la confianza en el sistema alimentario como clave para su aceptación. Desde una perspectiva funcional, Randazzo et al. (2021) y Urbina et al. (2023) destacan los péptidos bioactivos de insectos y grillos por sus propiedades antioxidantes. Van Dam et al. (2024) señalan que el micelio de *Pleurotus ostreatus* aporta beneficios funcionales y metabolitos secundarios similares a la carne.

Además, autores como Tsvakirai & Nalley (2023) han explorado factores psicológicos que afectan la aceptación de carne cultivada, mientras que Francis et al. (2024) han desarrollado metodologías innovadoras para evaluar el impacto ambiental de proteínas alternativas. Por otro lado, Kapur et al. (2024) analizaron el impacto potencial de estas proteínas en la calidad de la dieta en países de ingresos bajos y medios, destacando sinergias contextuales entre nutrición y sostenibilidad. Finalmente, Surya Ulhas et al. (2023) revisaron la equivalencia nutricional y aceptación del consumidor de proteínas alternativas para dietas veganas.

Pregunta EQ1

EQ1: ¿Cuáles son los principales beneficios nutricionales de las proteínas alternativas como las vegetales, insectos, y carne cultivada?

La Figura 7, sobre los principales beneficios nutricionales, la categoría con el mayor nivel de actitudes positivas es la de "Alto en proteínas y minerales", con un 27%. Esto sugiere que los consumidores valoran y aprecian las propiedades nutricionales de las fuentes tradicionales de proteínas. Otra categoría destacada es la de "Aminoácidos esenciales y digestibilidad", con un nivel de actitudes del 20%. Esto indica que los consumidores reconocen la importancia de la calidad

y biodisponibilidad de las proteínas. La categoría "Rica en nutrientes y antioxidantes" también muestra un nivel de actitudes alto, del 25%. Esto refleja que los consumidores aprecian los beneficios adicionales que pueden aportar ciertas fuentes proteicas, más allá de su valor nutricional básico. En contraste, las categorías de "Fuente de fibra y fácil digestión" y "Fuente de proteínas y sostenibilidad" presentan niveles de actitudes más bajos, del 3% y 12% respectivamente. Esto sugiere que estos aspectos no son tan relevantes o prioritarios para los consumidores en comparación con los anteriores.

Los beneficios de las proteínas alternativas han sido ampliamente estudiados, mostrando fortalezas y desafíos. Badia-Olmos et al. (2024) destacan que las harinas de legumbres como garbanzo y quinoa, ricas en vicilinas, ofrecen propiedades tecnofuncionales clave para productos procesados. Liu et al. (2022a) demuestran que la modificación enzimática mejora la solubilidad y reduce la alergenicidad de estas proteínas, aunque su perfil limitado de aminoácidos esenciales requiere combinaciones con otras fuentes. En el caso de las proteínas de insectos, como *Hermetia illucens* y *Acheta domesticus*, Urbina et al. (2023) señalan su alto contenido proteico (hasta 71,6%) y propiedades tecnológicas similares a las vegetales. Musungu et al. (2023) exploran las ventajas de los grillos como una fuente proteica sostenible en África, destacando su baja huella ecológica. Zhang et al. (2022) documentaron mejoras en la salud intestinal de especies acuícolas alimentadas con harinas de insectos, destacan sus beneficios inmunológicos y antioxidantes, mientras que Danieli et al. (2023) enfatizan la necesidad de mejorar la trazabilidad y seguridad, especialmente en el control de sustratos. La carne cultivada ofrece personalización nutricional, con menor contenido de grasas saturadas y más omega-3, según Szejda et al. (2021). Sin embargo, las proteínas vegetales necesitan complementarse para igualar la calidad proteica de los insectos (Urbina et al., 2023). Aunque culturalmente más aceptadas, las vegetales tienen aplicaciones limitadas en comparación con los insectos, que aún enfrentan resistencia cultural (Riverso et al., 2023).

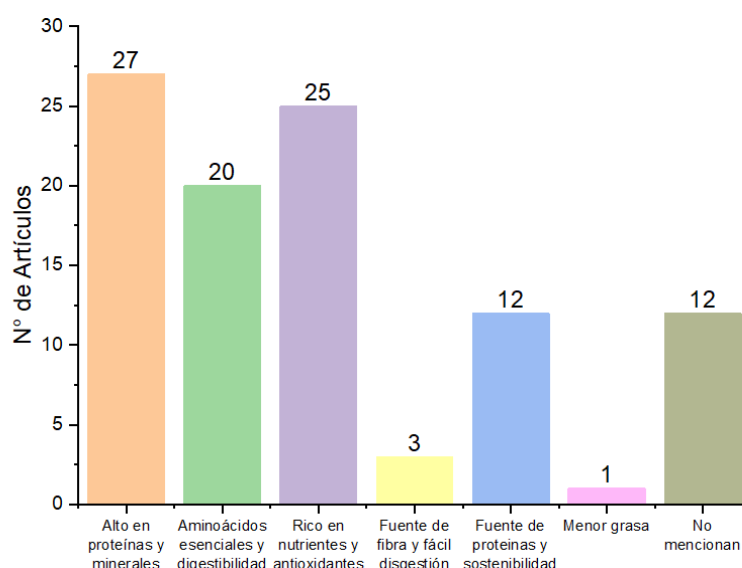


Figura 7. Investigaciones sobre principales beneficios nutricionales, como vegetales, insectos y carne cultivada.

Además, Huang et al. (2024) destacan que la inclusión de proteínas bacterianas y alternativas en peces mejoran su perfil lipídico, reduciendo triglicéridos y aumentando ácidos grasos poliinsaturados. Tsvakirai & Nalley (2023) evalúan los factores culturales asociados con la aceptación de carne cultivada, mientras que Surya Ulhas et al. (2023) abordan los desafíos de equivalencia nutricional entre proteínas alternativas y tradicionales.

En el ámbito vegetal, Ma et al. (2023) demuestran que la levadura *torula* es altamente digerible y comparable a la soja, mientras que Zipori et al. (2024) resaltan que la fermentación de proteínas de guisante mejora su perfil sensorial. Francis et al. (2024) desarrollaron una metodología para evaluar el impacto ambiental de fuentes proteicas alternativas, demostrando que estas tienen una menor huella ecológica que las fuentes tradicionales. Kapur et al. (2024) exploran la viabilidad de estas proteínas en países de ingresos bajos y medios, destacando su potencial para mitigar las inseguridades alimentarias. Finalmente, Van Dam et al. (2024) concluyen que el micelio de *Pleurotus ostreatus* ofrece beneficios funcionales y un perfil nutricional comparable a la carne. Aunque culturalmente más aceptadas, las proteínas vegetales tienen aplicaciones limitadas en comparación con los insectos, que aún enfrentan resistencia cultural (Riverso et al., 2023). Sin embargo, Tefal et al. (2023) resaltan que las harinas orgánicas e insectos combinados en dietas de lubina orgánica han mostrado resultados prometedores. Delmaine et al. (2024) evalúan la viabilidad de incluir proteínas de tunicados en acuicultura, mientras que Hou et al. (2023) destacan el potencial de proteínas vegetales como *Corylus mandshurica* Maximpag.

Resultados para la pregunta EQ2

¿Qué diferencias existen entre las proteínas alternativas y convencionales en cuanto a su valor nutricional y los beneficios que aportan a la salud?

Se evidencia una diferencia significativa en el interés de investigación entre las proteínas alternativas y las tradicionales. En la Figura 8 de las proteínas alternativas, las proteínas vegetales lideran con el mayor número de artículos publicados, seguidas de los insectos, las proteínas bacterianas y unicelulares, y finalmente el micelio de hongos y crustáceos. Este enfoque creciente hacia las proteínas alternativas responde a su potencial como fuentes sostenibles de nutrientes, con beneficios como un menor impacto ambiental, una alta densidad de nutrientes (incluyendo aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales), y su capacidad para diversificar las opciones proteicas en la dieta global. Sin embargo, su aceptación enfrenta barreras culturales, especialmente en el caso de los insectos, y desafíos en la biodisponibilidad de algunos nutrientes en comparación con las proteínas animales.

Por otro lado, en la Figura 9 las proteínas tradicionales, como la carne y la harina de pescado, son ampliamente estudiadas y consumidas debido a su perfil nutricional establecido y su biodisponibilidad. La carne, con la mayor cantidad de publicaciones, se destaca por ser una fuente completa de proteínas, rica en vitamina B12 y ácidos grasos esenciales como el omega-3, pero su consumo excesivo y su producción

generan preocupaciones ambientales y de salud. La harina de pescado, por su parte, es valorada por su contenido de omega-3 y minerales, aunque su uso a gran escala puede afectar la sostenibilidad de los recursos marinos. Por último, otras fuentes como la harina de soja y los cuerpos fructíferos de hongos son menos estudiadas, aunque poseen un potencial importante como opciones económicas y saludables. En términos de valor nutricional, las proteínas alternativas presentan una oferta diversa y prometedora que complementa las tradicionales, especialmente en contextos de sostenibilidad y seguridad alimentaria. Sin embargo, las proteínas tradicionales continúan siendo dominantes en las dietas debido a su aceptación cultural y facilidad de acceso. Una transición gradual hacia un balance entre ambas fuentes puede optimizar los beneficios para la salud humana y reducir el impacto ambiental, promoviendo sistemas alimentarios más sostenibles.

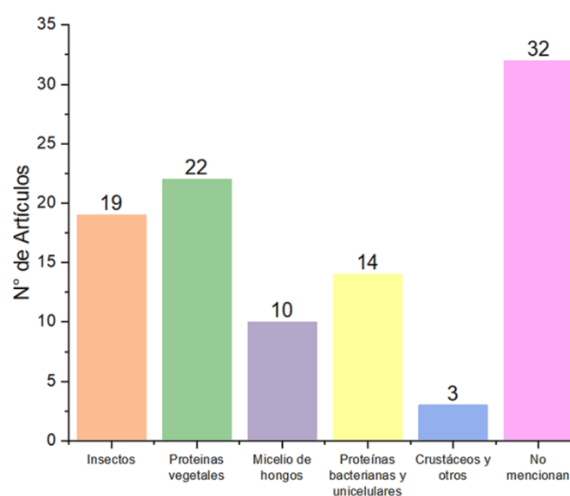


Figura 8. Proteínas alternativas y tradicionales.

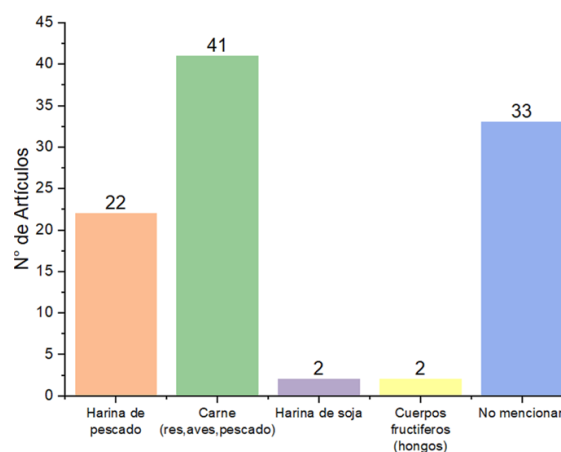


Figura 9. Proteínas tradicionales.

El análisis de proteínas alternativas frente a tradicionales revela diferencias en calidad nutricional y compuestos bioactivos. Sarmiento-García et al. (2021) demostraron que las larvas de *Calliphora sp.* mejoran la calidad de la carne al aumentar ácidos grasos insaturados beneficiosos. Nino et al. (2021) hallaron que *Acheta domesticus* presenta propiedades antioxidantes, contrastando con la carne convencional. Las proteínas de insectos, como

Tenebrio molitor, tienen un perfil de aminoácidos similar a las carnes tradicionales, aunque con menor contenido proteico, pero más minerales esenciales como calcio y hierro (Montalbán et al., 2023; Nasir et al., 2024), lo que las hace más equilibradas nutricionalmente. En acuicultura, Randazzo et al. (2021) encontraron que la harina de *Hermetia illucens* mejora la salud intestinal de la dorada, mientras que Cardinaletti et al. (2022) observaron beneficios similares en trucha arcoíris, aunque un exceso puede afectar la inmunidad, a diferencia de las proteínas marinas tradicionales. Zhang et al. (2022) confirmaron efectos positivos de *Tenebrio molitor* en la salud intestinal de corvina amarilla. Tefal et al. (2023) destacaron que las harinas orgánicas e insectos en dietas de lubina orgánica ofrecen resultados nutricionales viables, mientras que Delmaine et al. (2024) evalúan la inclusión de proteínas de tunicados, destacando su perfil lipídico favorable. En el caso de la carpa herbívora, Li et al. (2023) reportaron mejoras en textura muscular y aumento de proteínas brutas con dietas basadas en insectos. Las proteínas vegetales también ofrecen beneficios, como la mejora sensorial en guisantes fermentados (Zipori et al., 2024) y la alta digestibilidad de la proteína de levadura torula (Ma et al., 2023). Baune et al. (2023) observaron que los híbridos con proteínas vegetales son viables nutricionalmente, pero su aceptación depende de la percepción sensorial, a diferencia de las proteínas tradicionales que tienen mayor aceptación generalizada (Tiboldo et al., 2024). Desde una perspectiva funcional, las proteínas alternativas tienen beneficios adicionales. Randazzo et al. (2021) notaron que la harina de insectos mejora la deposición de lípidos en el hígado, Urbina et al. (2023) destacaron los péptidos bioactivos en proteínas de grillo, y Van Dam et al. (2024) mencionaron las propiedades de *Pleurotus ostreatus*, que podrían beneficiar la salud. En un enfoque similar, Hou et al.

(2023) resaltaron el potencial de *Corylus mandshurica Maxim* como recurso proteico vegetal. Talwar et al. (2024) analizaron el impacto positivo de las proteínas alternativas en la seguridad alimentaria, especialmente en países en desarrollo. Finalmente, Xu et al. (2023) observaron que la sustitución parcial de harina de pescado por proteínas bacterianas mejora los perfiles lipídicos de los peces. Surya Ulhas et al. (2023) enfatizaron el potencial de las proteínas alternativas para cerrar la brecha entre equivalencia nutricional y sostenibilidad.

Pregunta EQ3

¿Qué proteínas alternativas son más beneficiosas para la salud humana, considerando su aporte nutricional y efectos en el bienestar?

En la Figura 10 muestra que los antioxidantes y los compuestos bioactivos son los aspectos más importantes cuando se evalúa el impacto de las proteínas alternativas en la salud. Esto indica que las proteínas que sean ricas en estos nutrientes funcionales tendrían un mayor beneficio para el organismo, al ayudar a combatir el estrés oxidativo y aportar moléculas con propiedades saludables. Además, la sustentabilidad y la funcionalidad también son aspectos relevantes, lo que sugiere que las proteínas alternativas deberían provenir de fuentes respetuosas con el medio ambiente y ofrecer beneficios tangibles para el bienestar, más allá de su simple aporte nutricional.

Por otro lado, en la Figura 11 destaca que el perfil de aminoácidos, la digestibilidad y las propiedades sensoriales y de textura son los principales factores a considerar en cuanto al aporte nutricional de las proteínas alternativas. Esto significa que aquellas que tengan un balance adecuado de aminoácidos esenciales, que sean fácilmente asimilables por el organismo y que presenten características organolépticas agradables, serían las más recomendables desde el punto de vista nutricional.

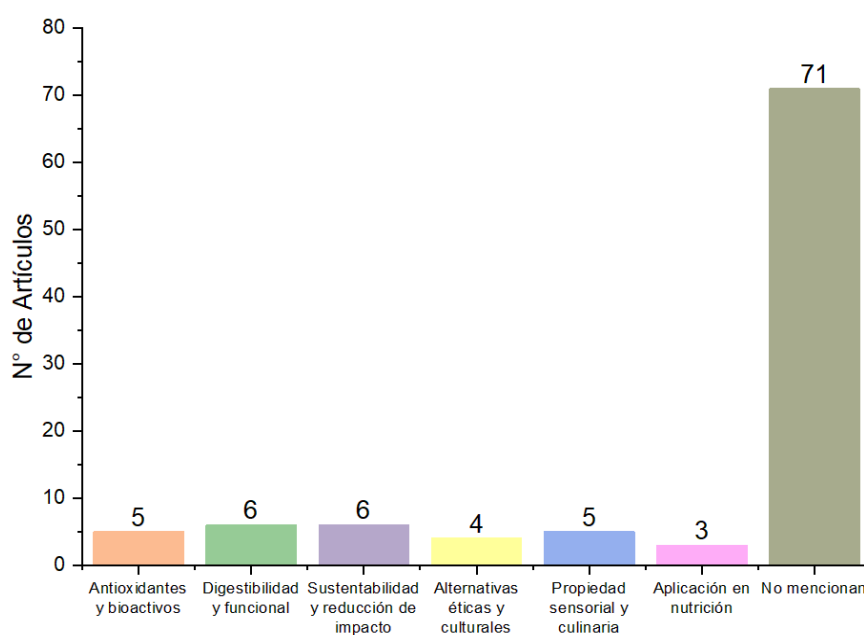


Figura 10. Alternativas beneficiosas.

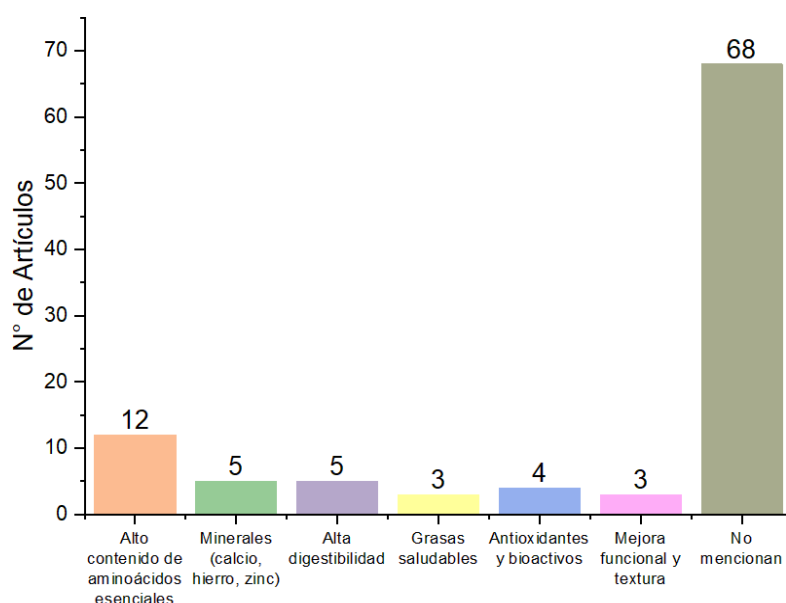


Figura 11. Aporte nutricional.

Una similitud notable entre las proteínas de insectos, vegetales y micoproteínas es su potencial para mejorar perfiles nutricionales específicos. Liu et al. (2021) y Urbina et al. (2023) demostraron que la harina de *Hermetia illucens* y las proteínas del grillo (*Acheta domesticus*) contienen altos niveles de aminoácidos esenciales, antioxidantes y propiedades tecnológicas que las convierten en ingredientes ideales para enriquecer alimentos funcionales. Nasir et al. (2024) señalaron que *Tenebrio molitor* aporta altos niveles de calcio, hierro y zinc, superando en este aspecto a las proteínas tradicionales.

En proteínas vegetales, Wang et al. (2024) destacaron que las proteínas vegetales, como los granos de destilería de trigo, mejoran el perfil de ácidos grasos en productos lácteos, mientras que Liu et al. (2022b) resaltaron la funcionalidad mejorada mediante la desamidación enzimática de proteínas vegetales, favoreciendo su aplicación en dietas procesadas. Hou et al. (2023) destacaron las proteínas de *Corylus mandshurica* Maxim, que presentan perfiles de aminoácidos esenciales similares a los estándares de la FAO/OMS, y Badia-Olmos et al. (2024) exploran las propiedades tecnofuncionales de harinas de legumbres y pseudocereales para la industria alimentaria.

Sin embargo, existen contradicciones en torno a la aceptación y digestibilidad de estas fuentes, Szejda et al. (2021) y Tiboldo et al. (2024) señalaron que los consumidores más jóvenes y ambientalmente conscientes están dispuestos a adoptar proteínas de insectos y carne cultivada debido a sus beneficios sostenibles. No obstante, You et al. (2024) observaron que, aunque las micoproteínas mejoran la fibra dietética y la calidad sensorial de barras proteicas, niveles altos de inclusión afectan negativamente la digestibilidad proteica, lo que podría limitar su efectividad en dietas humanas.

Otra similitud significativa se encuentra en el impacto de estas proteínas sobre la salud y el bienestar. Bartolomei et al. (2022) mostraron que los hidrolizados de proteínas de semillas de oliva contienen péptidos bioactivos con propiedades

antioxidantes y antidiabéticas, contribuyendo al manejo de trastornos metabólicos. Chama et al. (2021) destacaron que las proteínas bacterianas, como las derivadas de *Methylococcus capsulatus*, mejoran la respuesta inmune en tilapia, mientras que Nederlof et al. (2023) indicaron que estas proteínas bacterianas son altamente digestibles y contribuyen a una mejor retención de fósforo en camarones. Randazzo et al. (2021) y Cardinaletti et al. (2022) reportaron que la harina de *Hermetia illucens* y los subproductos avícolas mejoraron la salud intestinal y redujeron la inflamación en dietas acuícolas, beneficios que podrían ser aplicables a la salud humana mediante productos derivados.

A pesar de estas similitudes, existen contradicciones en el impacto ambiental y en la funcionalidad tecnológica de las fuentes proteicas. Rota Graziosi et al. (2022) demostraron que las fuentes sostenibles de soya disminuyen significativamente el impacto ambiental, pero Badia-Olmos et al. (2024); Francis et al. (2024) enfatizaron que algunas harinas vegetales, como la de avena o amaranto, carecen de ciertos atributos funcionales que limitan su uso industrial. Finalmente, Delmaine et al. (2024) exploran las proteínas de tunicados como una fuente acuícola innovadora que mejora la composición lipídica de los peces, mientras que Montalbán et al. (2023) y Hussain et al. (2022) señalan que las proteínas de insectos y vegetales, como las de gusanos de harina y subproductos agrícolas, han mostrado resultados positivos en la conversión alimenticia y el crecimiento en peces y camarones. Talwar et al. (2024) destacaron la importancia de estas proteínas en la mitigación de la inseguridad alimentaria en países de ingresos bajos y medios.

Pregunta EQ4

¿Qué avances en la producción de proteínas alternativas están mejorando su calidad nutricional y su impacto en la salud humana?

En la Figura 12 muestra los avances en la calidad nutricional de diversas fuentes de proteínas alternativas en comparación con las tradicionales.

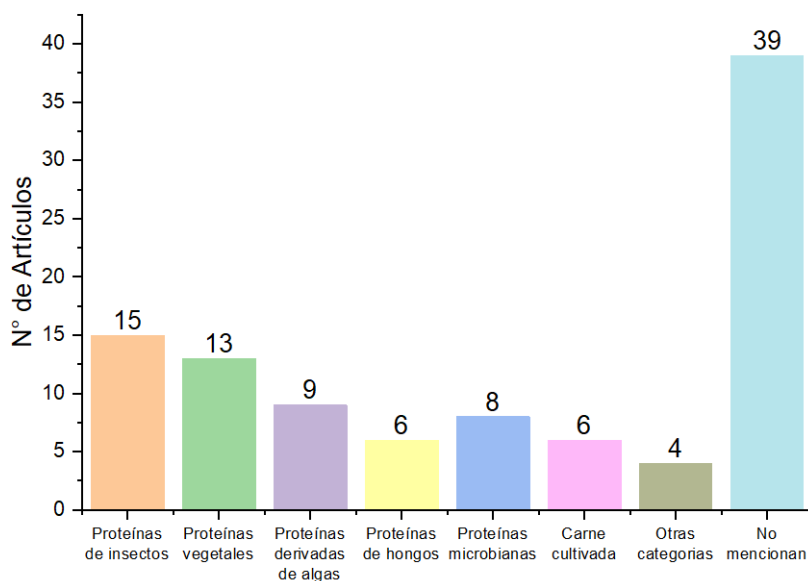


Figura 12. Avances de proteínas alternativas y su calidad nutricional.

Estos datos evidencian los esfuerzos de investigación y desarrollo que se han llevado a cabo para mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de estas nuevas opciones proteicas.

En primer lugar, destaca el alto valor nutricional de las proteínas provenientes de insectos, las cuales sobresalen por su elevado contenido proteico. Este hallazgo respalda el creciente interés por incorporar los insectos como una fuente sostenible y nutritiva de proteínas en la alimentación humana. Seguidamente, las proteínas vegetales también muestran un perfil nutricional sobresaliente, posicionándose como una alternativa relevante a las proteínas convencionales. Esto se debe a los avances en el desarrollo de variedades vegetales con un mejor balance de aminoácidos esenciales y mayor digestibilidad. Otro grupo que ha presentado mejoras significativas son las proteínas derivadas de algas. Estas han logrado incrementar su calidad nutricional, convirtiéndose en una opción interesante para diversificar las fuentes proteicas en la dieta.

Por otro lado, las proteínas provenientes de hongos microbianos también han experimentado avances, aunque en menor medida que los grupos anteriores. No obstante, su inclusión representa una alternativa viable para complementar el aporte proteico.

Finalmente, la carne cultivada, si bien aún no alcanza los niveles de las demás alternativas, muestra un progreso en su valor nutricional en comparación a otras categorías emergentes. Esto sugiere que esta tecnología innovadora continúa evolucionando para mejorar sus atributos nutricionales.

Los avances en la producción de proteínas alternativas han mejorado su calidad nutricional y su impacto en la salud humana, destacando fuentes sostenibles como insectos, microorganismos, micelios, algas y proteínas hidrolizadas. Los estudios coinciden en que las proteínas de insectos, como *Hermetia illucens*, ofrecen beneficios para la salud intestinal y la función inmunitaria en especies como peces y aves (Cardinaletti et al., 2022; Randazzo et al., 2021), aunque los efectos varían según las especies y las dosis dietéticas. Por ejemplo, Pei et al. (2022)

señalaron que niveles más altos de *H. illucens* en gallinas afectan la calidad de la cáscara de huevo. En proteínas hidrolizadas, Hsu et al. (2023) demostraron que los hidrolizados de proteína de pollo mejoran la digestibilidad y reducen alergenicidad en perros, mientras que Bartolomei et al. (2022) destacaron los beneficios antioxidantes y antidiabéticos de los hidrolizados de semillas de oliva, aunque con enfoques distintos: mascotas frente a alimentos funcionales. Además, Oba et al. (2023) identifican altas digestibilidades de proteínas microbianas como *FeedKind*,

Las proteínas vegetales también han mostrado avances, con Liu et al. (2022a) utilizando la desaminación enzimática para mejorar la funcionalidad de proteínas vegetales, y Badia-Olmos et al. (2024) explorando las propiedades tecno funcionales de harinas de legumbres y pseudocereales, centrándose en su uso directo en la industria alimentaria. Talwar et al. (2024) evalúan la importancia de estas proteínas en la mitigación de la inseguridad alimentaria en países de ingresos bajos y medios. Hou et al. (2023) destacaron el potencial de las proteínas de *Corylus mandshurica* Maxim.

En cuanto a microorganismos, Chama et al. (2021) encontraron que la harina bacteriana de *Methylococcus capsulatus* mejora la respuesta inmune en tilapia, mientras que Gregersen et al. (2022) señalaron limitaciones en la calidad proteica de algas, requiriendo mejoras en los métodos de extracción. Finalmente, en acuicultura, Montalbán et al. (2023) y Hussain et al. (2022) demostraron que las proteínas alternativas, como las de gusanos de harina y vegetales, mejoran la conversión alimenticia y el crecimiento en peces y camarones, aunque reconocieron desafíos técnicos en la digestibilidad de fuentes no convencionales. Tefal et al. (2023) observaron que combinaciones de harinas orgánicas e insectos mejoran la salud y el crecimiento en lubinas orgánicas, mientras que Delmaine et al. (2024) investigan el uso de proteínas de tunicados en acuicultura, subrayando su impacto positivo en la composición lipídica de los peces.

DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

El desarrollo de alternativas proteicas para la alimentación humana se posiciona como una tendencia en auge, impulsada por la necesidad de satisfacer la creciente demanda de alimentos sostenibles, saludables y accesibles (Malek & Umberger, 2023). Ante el desafío de alimentar a una población mundial que alcanzará los 10 mil millones de habitantes para 2050, las proteínas tradicionales, principalmente de origen animal, enfrentan limitaciones críticas en términos de sostenibilidad ambiental, eficiencia productiva y asequibilidad económica (Francis et al., 2024).

En este contexto, las proteínas del futuro —derivadas de insectos, microalgas, hongos, proteínas vegetales innovadoras y proteínas cultivadas en laboratorio— ofrecen una solución prometedora (Flaibam et al., 2024). Estas alternativas destacan por su menor impacto ambiental, ya que requieren menos agua y tierra, emiten menores cantidades de gases de efecto invernadero y presentan perfiles nutricionales competitivos respecto a las proteínas convencionales (Badia-Olmos et al., 2024).

En Europa, la iniciativa SUSINCHAIN, respaldada por la Comisión Europea, está superando barreras técnicas y de mercado para la producción sostenible a gran escala de proteínas de insectos, demostrando el liderazgo del continente en la industrialización de estas fuentes alimentarias (Francis et al., 2024). Por otro lado, empresas como ŸNSECT, en Francia, han avanzado en la producción de harina de gusano de la harina como ingrediente para la alimentación humana y animal, destacándose por sus altos estándares de calidad proteica y digestibilidad (Etter et al., 2024). Asimismo, en África Oriental, países como Kenia han implementado estrategias para fomentar la producción y consumo de grillos comestibles, promoviendo su integración en la dieta local a través de iniciativas como la distribución de kits de

producción y la capacitación técnica para agricultores. Estos esfuerzos no solo mejoran la seguridad alimentaria, sino que también abren mercados sostenibles basados en las características culturales y ambientales de la región (Tsvakirai & Nalley, 2023).

A nivel global, se espera que el avance en tecnologías como la fermentación de precisión, la ingeniería de tejidos y la biotecnología no solo optimice los procesos de producción y reduzca costos, sino que también mejore la aceptación cultural mediante productos más atractivos en sabor y textura (Huang et al., 2024). Adicionalmente, la incorporación de estas proteínas en alimentos funcionales y dietas personalizadas ampliará las oportunidades en el mercado global (Sadowski et al., 2024).

En el caso de Latinoamérica, la región tiene un gran potencial para unirse a esta tendencia mundial. Dada su biodiversidad y su riqueza agrícola, se espera que en los próximos años comience a trabajar de manera más activa con fuentes de proteínas alternativas como los insectos, las microalgas y las proteínas derivadas de residuos agrícolas, siguiendo los ejemplos de Europa y África (Etter et al., 2024). La implementación de programas gubernamentales, alianzas público-privadas y el fortalecimiento de la investigación científica serán esenciales para fomentar la producción sostenible de estas proteínas en el continente.

Para garantizar la adopción global a gran escala, es fundamental superar desafíos como la regulación, la educación del consumidor y la adaptación a las particularidades culturales de cada región (Onwezen et al., 2022; Tsvakirai & Nalley, 2023). Latinoamérica, en particular, podría liderar la incorporación de estas alternativas en mercados emergentes, aprovechando su capacidad para generar productos que equilibren innovación, sostenibilidad y competitividad económica (Badia-Olmos et al., 2024; Flaibam et al., 2024).

CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática resalta el potencial de las proteínas alternativas como soluciones sostenibles y saludables frente a las proteínas tradicionales. Los resultados obtenidos evidencian que las proteínas vegetales, de insectos y la carne cultivada, poseen beneficios nutricionales relevantes, como un alto contenido en aminoácidos esenciales, propiedades antioxidantes y mejoras en la digestibilidad, que las posicionan como opciones prometedoras para la dieta humana. Asimismo, los avances tecnológicos en su producción han mejorado su calidad nutricional, aunque persisten desafíos

relacionados con la percepción del consumidor, la aceptación cultural y las limitaciones sensoriales.

A pesar de los obstáculos, esta revisión proporciona una base teórica sólida para promover estrategias que impulsen la adopción de estas proteínas, contribuyendo a la sostenibilidad alimentaria global y al bienestar humano.

Futuros estudios deberían centrarse en evaluar los efectos a largo plazo del consumo de proteínas alternativas sobre la salud humana, optimizar procesos de producción para reducir costos y mejorar el perfil sensorial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abebe, G. K., Ismail, M. R., Kevany, K., Haileslassie, H. A., & Pauley, T. (2024). Canadians' experiences of alternative protein foods and their intentions to alter current dietary patterns. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101354>
- Amonet, M., Weckowska, D., Preiss, M., Biedermann, A., Gellrich, L., Dreher, C., & Schreiner, M. (2024). Public Perceptions of Alternative Protein Sources: Implications for Responsible Agrifood Transition Pathways. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/su16020566>
- Anagonou, G. H., Gandji, K., Salako, K. V., Houetohossou, A., Zannou, E. T., Mensah, G. A., Assogbadjo, A. E., & Chadare, F. J. (2024). Socio-economic and cultural drivers of local perceptions and willingness to consume edible insects in Benin. *Future Foods*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100424>
- Badia-Olmos, C., Sentandreu, M. A., Laguna, L., Tárrega, A., & Sentandreu, E. (2024). A comparative study of vegetable flours as alternative protein sources of interest for food industry. *LWT*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116414>

- Barretto, R., Qi, G., Xiao, R., Jones, C., Sun, X. S., Li, Y., Griffin, J., & Wang, D. (2024). Hempseed protein is a potential alternative source for plant protein-based adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2024.103740>
- Bartolomei, M., Capriotti, A. L., Li, Y., Bollati, C., Li, J., Cerrato, A., Cecchi, L., Pugliese, R., Bellumori, M., Mulinacci, N., Arnoldi, A., & Lammi, C. (2022). Exploitation of Olive (*Olea europaea* L.) Seed Proteins as Upgraded Source of Bioactive Peptides with Multifunctional Properties: Focus on Antioxidant and Dipeptidyl-Dipeptidase—IV Inhibitory Activities, and Glucagon-like Peptide 1 Improved Modulation. *Antioxidants*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/antiox11091730>
- Baune, M.-C., Broucke, K., Ebert, S., Gibis, M., Weiss, J., Enneking, U., Profeta, A., Terjung, N., & Heinz, V. (2023). Meat hybrids—An assessment of sensorial aspects, consumer acceptance, and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1101479>
- Buijs, J. (2023). Name of the food and other communication on alternative proteins. *ERA Forum*, 24(3), 327–342. <https://doi.org/10.1007/s12027-023-00763-8>
- Caputo, V., Sogari, G., & Van Loo, E. J. (2023). Do plant-based and blend meat alternatives taste like meat? A combined sensory and choice experiment study. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 45(1), 86–105. <https://doi.org/10.1002/aep.13247>
- Cardinaletti, G., Di Marco, P., Daniso, E., Messina, M., Donadelli, V., Fioia, M. G., Petochi, T., Fava, F., Faccenda, F., Contò, M., Parisi, G., & Tibaldi, E. (2022). Growth and Welfare of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Response to Graded Levels of Insect and Poultry By-Product Meals in Fishmeal-Free Diets. *Animals*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/ani12131698>
- Chama, M. K. H., Liang, H., Huang, D., Ge, X., Ren, M., Zhang, L., Wu, L., & Ke, J. (2021). Methanotroph (*Methylococcus capsulatus*, Bath) as an alternative protein source for genetically improved farmed tilapia (GIFT: *Oreochromis niloticus*) and its effect on antioxidants and immune response. *Aquaculture Reports*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100872>
- Chia, A., Shou, Y., Wong, N. M. Y., Cameron-Smith, D., Sim, X., Van Dam, R. M., & Chong, M. F. F. (2024). Complexity of consumer acceptance to alternative protein foods in a multiethnic Asian population: A comparison of plant-based meat alternatives, cultured meat, and insect-based products. *Food Quality and Preference*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105102>
- Cho, H.-S., Olawuyi, I. F., Park, J.-J., & Lee, W.-Y. (2023). Quality characteristics of eggless muffins prepared using egg solution alternatives containing super mealworm protein isolate and carrageenan. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2942–2948. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16408>
- Danieli, P. P., Romagnoli, L., Amici, A., Ronchi, B., Russo, G., & Lauteri, M. (2023). Traceability of insects as feed: stable isotope ratio analysis of *Hermetia illucens* larvae and pre-pupae reared on different protein sources. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(3), 289–302. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0204>
- Delmaine, A. D., Watanabe, W. O., Carroll, P. M., & Alam, M. S. (2024). Use of tunicate meal (pleated sea squirt *Styela plicata*) protein as a partial replacement of menhaden fish meal protein in the diet of juvenile Black Sea Bass. *North American Journal of Aquaculture*, 86(3), 295–312. <https://doi.org/10.1002/naaq.10334>
- Diaz-Bustamante, M. L., Keppler, J. K., Reyes, L. H., & Alvarez Solano, O. A. (2023). Trends and prospects in dairy protein replacement in yogurt and cheese. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16974>
- Drewnowski, A. (2024). Alternative proteins in low- and middle-income countries (LMIC) face a questionable future: will technology negate Bennett's law? *Current Developments in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2023.101994>
- Etter, B., Michel, F., & Siegrist, M. (2024). Which are the most promising protein sources for meat alternatives? *Food Quality and Preference*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105226>
- Flaibam, B., da Silva, M. F., de Melo, A. H. F., Carvalho, P. H., Galland, F., Pacheco, M. T. B., & Goldbeck, R. (2024). Non-animal protein hydrolysates from agro-industrial wastes: A prospect of alternative inputs for cultured meat. *Food Chemistry*, 443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138515>
- Ford, H., Zhang, Y., Gould, J., Danner, L., Bastian, S. E. P., & Yang, Q. (2024). Comparing motivations and barriers to reduce meat and adopt protein alternatives amongst meat-eaters in Australia, China and the UK. *Food Quality and Preference*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105208>
- Francis, A., Ghnimi, S., & Smetana, S. (2024). Development of a regionalized dynamic weighting method for the environmental impact of alternative protein sources. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1294390>
- Gärtner, A.-K., Matullat, I., Genuttis, D., Engelhardt, S., Sveinsdóttir, K., Niimi, J., & Rusu, A. (2023). Vegan spread applications of alternative protein from torula yeast: product development and consumer perception. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1285883>
- Gregersen, S., Pertseva, M., Marcatili, P., Holdt, S. L., Jacobsen, C., García-Moreno, P. J., Hansen, E. B., & Overgaard, M. T. (2022). Proteomic characterization of pilot scale hot-water extracts from the industrial carrageenan red seaweed *Eucheuma denticulatum*. *Algal Research*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102619>
- Grossmann, L., & Weiss, J. (2021). Alternative Protein Sources as Technofunctional Food Ingredients. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 93–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-062520-093642>
- Hadi, J., & Brightwell, G. (2021). Safety of alternative proteins: Technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein. *Foods*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061226>
- Hou, Y., Ding, J., Guo, Q., & Zhang, N. (2023). Nutritional Value and Structure Characterization of Protein Components of *Corylus mandshurica* Maxim. *Molecules*, 28(17). <https://doi.org/10.3390/molecules28176355>
- Hsu, C., Utterback, P. L., Parsons, C. M., Marx, F., Guldenpfennig, R., & De Godoy, M. R. C. (2023). Standardized amino acid digestibility and protein quality in extruded canine diets containing hydrolyzed protein using a precision-fed rooster assay. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad289>
- Huang, Z., Pang, L., Li, S., Su, Y., Zhao, Q., Zhang, W., Yang, X., & Jiang, Y. (2024). Effects of physical processing on food protein allergenicity: A focus on differences between animal and alternative proteins. *Food Chemistry*, 460. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140559>
- Hussain, A. S., Peixoto, S., Soares, R., Reis, J., & Davis, D. A. (2022). Evaluation of extruded feeds with no or low inclusion of fishmeal on growth performance of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* in clear water and biofloc systems. *Aquaculture Research*, 53(5), 1947–1955. <https://doi.org/10.1111/are.15723>
- Ibrahim, L. A., Wamsley, B., Alghamdi, N., Yusuf, N., Sevier, E., Hairston, A., Sherer, M., Jaglin, X. H., Xu, Q., Guo, L., Darnell, R. B., & Fishell, G. (2023). Nova proteins direct synaptic integration of somatostatin interneurons through activity-dependent alternative splicing. *ELife*, 12. <https://doi.org/10.7554/eLife.86842>
- Jane, Music, T., Burgess, J., & Charlebois, S. (2021). Finding alternatives: Canadian attitudes towards novel foods in support of sustainable agriculture. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 9(3), 1–16. <https://doi.org/10.17170/kobra-202102163265>
- Joseph, P., Searing, A., Watson, C., & McKeague, J. (2020). Alternative Proteins: Market Research on Consumer Trends and Emerging Landscape. *Meat and Muscle Biology*, 4(2). <https://doi.org/10.22175/mmb.11225>
- Kapur, M., Peña, A. N., Sreeram, N., Bloem, M. W., & Drewnowski, A. (2024). What Is the Likely Impact of Alternative Proteins on Diet Quality, Health, and the Environment in Low- and Middle-Income Countries. *Current Developments in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2023.102064>
- Kew, B., Holmes, M., Stieger, M., & Sarkar, A. (2021). Oral tribology, adsorption and rheology of alternative food proteins. *Food Hydrocolloids*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106636>
- Li, H., Xue, R., Sun, J., & Ji, H. (2023). Improving flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) by completely replacing dietary soybean meal with yellow mealworm (*Tenebrio molitor*). *Animal Nutrition*, 12, 375–387. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.12.004>
- Liu, L., Huang, X., Geng, F., & Huang, Q. (2022a). Optimization of preparation process of egg white protein/k-carrageenan composite film. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(9). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16167>
- Liu, X., Liu, X., Yao, Y., Qu, X., Chen, J., Xie, K., Wang, X., Qi, Y., Xiao, B., & He, C. (2021). Effects of different levels of *Hermetia illucens* larvae meal on performance, egg quality, yolk fatty acid composition and oxidative status of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 256–266. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1878946>
- Liu, X., Wang, C., Zhang, X., Zhang, G., Zhou, J., & Chen, J. (2022b). Application Prospect of Protein-Glutaminase in the Development of Plant-Based Protein Foods. *Foods*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/foods11030440>
- Ma, C., Xia, S., Song, J., Hou, Y., Hao, T., Shen, S., Li, K., Xue, C., & Jiang, X. (2023). Yeast protein as a novel dietary protein source: Comparison with four common plant proteins in physicochemical properties. *Current Research in Food Science*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100555>

- Ma, C., Xia, S., Song, J., Hou, Y., Hao, T., Shen, S., Li, K., Xue, C., & Jiang, X. (2024). Yeast protein as a novel protein source: Processing, functional properties, and potential applications in foods. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103606>
- Malek, L., & Umberger, W. J. (2023). Protein source matters: Understanding consumer segments with distinct preferences for alternative proteins. *Future Foods*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100220>
- Mancini, M. C., & Antonoli, F. (2022). Italian consumers standing at the crossroads of alternative protein sources: Cultivated meat, insect-based and novel plant-based foods. *Meat Science*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108942>
- McCarron, R., Methven, L., Grahl, S., Elliott, R., & Lignou, S. (2024). Fortification of Pea and Potato Protein Isolates in Oat-Based Milk Alternatives; Effects on the Sensory and Volatile Profile. *Foods*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/foods13132075>
- Miron, L., Montevecchi, G., Macavei, L. I., Maistrello, L., Antonelli, A., & Thomas, M. (2023). Effect of black soldier fly larvae protein on the texture of meat analogues. *LWT*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114745>
- Montalbán, A., Martínez-Miró, S., Schiavone, A., Madrid, J., & Hernández, F. (2023). Growth Performance, Diet Digestibility, and Chemical Composition of Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) Fed Agricultural By-Products. *Insects*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/insects14100824>
- Musungu, A. L., Muriithi, B. W., Ghemoh, C. J., Nakimbugwe, D., & Tanga, C. M. (2023). Production, consumption, and market supply of edible crickets: insights from East Africa. *Agricultural and Food Economics*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00272-9>
- Nasir, S. Q., Palupi, E., Nasution, Z., Ploeger, A., Susanto, I., Setiawan, B., Rimbawan, R., & Jayanegara, A. (2024). Edible insects as a sustainable protein source: a meta-analysis. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(11), 1841–1853. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230108>
- Nederlof, M. A. J., Kaushik, S. J., & Schrama, J. W. (2023). Effect of different types of bacterial single cell protein on feed intake, digestibility, growth and body composition of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101830>
- Nino, M. C., Reddivari, L., Ferruzzi, M. G., & Liceaga, A. M. (2021). Targeted phenolic characterization and antioxidant bioactivity of extracts from edible *Acheta domesticus*. *Foods*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/foods10102295>
- Niva, M., & Vainio, A. (2021). Towards more environmentally sustainable diets? Changes in the consumption of beef and plant- and insect-based protein products in consumer groups in Finland. *Meat Science*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108635>
- Novodvorski, J., Castilha, L. D., & Silva, A. A. (2023). Insect meal in poultry feed: a potential protein source. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 45. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v45i1.60317>
- Nunes, R., Ferreira-Santos, P., Moreira, C., Teixeira, J. A., & Rocha, C. M. R. (2024). Tuning the extraction methodology targeting protein-enriched fractions from red algae. *Future Foods*, 9, 100335. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100335>
- Oba, P. M., Utterback, P. L., Longshaw, M., Parsons, C. M., & Swanson, K. S. (2023). Comparing the standardized amino acid digestibility of an alternative protein source with commercially available protein-based ingredients using the precision-fed cecotomized rooster assay. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad236>
- Onwezen, M. C., Verain, M. C. D., & Dagevos, H. (2022a). Positive emotions explain increased intention to consume five types of alternative proteins. *Food Quality and Preference*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104446>
- Onwezen, M. C., Verain, M. C. D., & Dagevos, H. (2022b). Social Norms Support the Protein Transition: The Relevance of Social Norms to Explain Increased Acceptance of Alternative Protein Burgers over 5 Years. *Foods*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/foods11213413>
- Oupathumpanont, O., & Wisansakul, S. (2024). Development of yogurt products from alternative protein. *Journal of Insects as Food and Feed*. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001076>
- Pei, Y., Zhao, S., Chen, X., Zhang, J., Ni, H., Sun, M., Lin, H., Liu, X., Chen, H., & Yang, S. (2022). *Bacillus velezensis* EEAM 10B Strengthens Nutrient Metabolic Process in Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) via Changing Gut Microbiome and Metabolic Pathways. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.880488>
- Randazzo, B., Zarantonello, M., Cardinaletti, G., Cerri, R., Giorgini, E., Belloni, A., Contò, M., Tibaldi, E., & Olivotto, I. (2021). *Hermetia illucens* and poultry by-product meals as alternatives to plant protein sources in gilthead seabream (*Sparus aurata*) diet: A multidisciplinary study on fish gut status. *Animals*, 11(3), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ani11030677>
- Rivero, R., Amato, M., Verneau, F., & La Barbera, F. (2023). The Interaction between Message Sensation Value and Food Neophobia in Communication about Insect-Based Foods: An Experiment with Italian Consumers. *Nutrients*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/nu15010191>
- Rota Graziosi, A., Gislon, G., Colombini, S., Bava, L., & Rapetti, L. (2022). Partial replacement of soybean meal with soybean silage and responsible soybean meal in lactating cows diet: part 2, environmental impact of milk production. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 645–658. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.2010611>
- Sadowski, N., Talwar, R., Fischer, E. F., & Merritt, R. (2024). Generating Demand for Alternative Protein in Low- and Middle- Income Countries: Opportunities and Experiences from Nutritious and Sustainable Market Solutions. *Current Developments in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2023.101996>
- Sarmiento-García, A., Palacios, C., González-Martín, I., & Revilla, I. (2021). Evaluation of the production performance and the meat quality of chickens reared in organic system. As affected by the inclusion of calliphora sp. in the diet. *Animals*, 11(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ani11020324>
- Schlepphorst, K. I., Clark, B. E., Pope, L., Donahue, R., & Belarmino, E. H. (2023). Perceptions and knowledge of protein in dairy and plant-based alternatives among stakeholders in the US marketplace. *Nutrition Bulletin*, 48(3), 343–352. <https://doi.org/10.1111/nbu.12628>
- Surya Ulhas, R., Ravindran, R., Malaviya, A., Priyadarshini, A., Tiwari, B. K., & Rajauria, G. (2023). A review of alternative proteins for vegan diets: Sources, physico-chemical properties, nutritional equivalency, and consumer acceptance. *Food Research International*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113479>
- Szejda, K., Bryant, C. J., & Urbanovich, T. (2021). US and UK consumer adoption of cultivated meat: A segmentation study. *Foods*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/foods10051050>
- Takeda, K. F., Yazawa, A., Yamaguchi, Y., Koizumi, N., & Shineha, R. (2023). Comparison of public attitudes toward five alternative proteins in Japan. *Food Quality and Preference*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104787>
- Talwar, R., Freymond, M., Beesabathuni, K., & Lingala, S. (2024). Current and Future Market Opportunities for Alternative Proteins in Low- and Middle-Income Countries. *Current Developments in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2023.102035>
- Tefal, E., Jauralde, I., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Milián-Sorribes, M. C., Moyano, F. J., Peñaranda, D. S., & Jover-Cerdá, M. (2023). Organic Ingredients as Alternative Protein Sources in the Diet of Juvenile Organic Seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Animals*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/ani13243816>
- Tiboldo, G., Casolani, N., Reguzzi, M. C., Cominelli, F., Coderoni, S., Arata, L., & Mazzoni, E. (2024). Factors influencing Italian consumers' willingness to buy and pay for insect-fed poultry products. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(9), 1661–1675. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001041>
- Urbina, J. P., Marin, C., Rodrigo, D., & González-Tejedor, G. (2023). Identification of common cricket (*Acheta domesticus*) proteins, extracted by acid and alkaline methods. *Food Science and Technology International*. <https://doi.org/10.1177/10820132231208085>
- van Dam, L., Cruz-Morales, P., Rodríguez Valerón, N., Calheiros de Carvalho, A., Prado Vásquez, D., Lübke, M., Kloster Pedersen, L., Munk, R., Sommer, M. O. A., & Jahn, L. J. (2024). GastronOmics: Edibility and safety of mycelium of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Current Research in Food Science*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100866>
- Wang, B., Ormston, S., Platosz, N., Parker, J. K., Qin, N., Humphries, D. J., Pétursdóttir, Á. H., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Juniper, D. T., & Stergiadis, S. (2024). Effect of dietary protein source and Saccharina latissima on nutritional and safety characteristics of milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(12), 7355–7366. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13556>
- Weinrich, R., & Busch, G. (2021). Consumer knowledge about protein sources and consumers' openness to feeding micro-algae and insects to pigs and poultry. *Future Foods*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100100>
- Xu, J., Huang, B., Chi, S., Zhang, S., Cao, J., Tan, B., & Xie, S. (2023). Replacement of Dietary Fishmeal with Clostridium autoethanogenum Protein on Lipidomics and Lipid Metabolism in Muscle of Pearl Gentian Grouper. *Aquaculture Nutrition*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6723677>
- You, X.-Y., Ding, Y., Bu, Q.-Y., Wang, Q.-H., & Zhao, G.-P. (2024). Nutritional, Textural, and Sensory Attributes of Protein Bars Formulated with Mycoproteins. *Foods*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/foods13050671>

- Zhang, J., Dong, Y., Song, K., Wang, L., Li, X., Tan, B., Lu, K., & Zhang, C. (2022). Effects of the Replacement of Dietary Fish Meal with Defatted Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) on Juvenile Large Yellow Croakers (*Larimichthys crocea*) Growth and Gut Health. *Animals*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/ani12192659>
- Zhu, Y., & Begho, T. (2022). Towards responsible production, consumption and food security in China: A review of the role of novel alternatives to meat protein. *Future Foods*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100186>
- Zipori, D., Hollmann, J., Rigling, M., Zhang, Y., Weiss, A., & Schmidt, H. (2024). Rapid Acidification and Off-Flavor Reduction of Pea Protein by Fermentation with Lactic Acid Bacteria and Yeasts. *Foods*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/foods13040588>