



PRISMA ODS
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE

ISSN: 3072-8452

**PROTEÍNAS
ALTERNATIVAS
SOSTENIBLES: INSECTOS,
ALGAS Y FERMENTACIÓN
DE PRECISIÓN**

*SUSTAINABLE ALTERNATIVE
PROTEIN: INSECTS, ALGAE AND
PRECISION FERMENTATION*

AUTORES

**JOSÉ ALEJANDRO
SÁNCHEZ GONZÁLEZ**

UNIVERSIDAD
VERACRUZANA - FACULTAD
DE NUTRICIÓN REGIÓN
VERACRUZ

MÉXICO

**VANESSA SHIELDS
MORALES**

UNIVERSIDAD
VERACRUZANA - FACULTAD
DE NUTRICIÓN REGIÓN
VERACRUZ

MÉXICO

**ROSARIO ADRIANA
REYES DÍAZ**

UNIVERSIDAD VERACRUZANA -
FACULTAD DE NUTRICIÓN
REGIÓN VERACRUZ

MÉXICO

**GABRIELA BLASCO
LÓPEZ**

UNIVERSIDAD VERACRUZANA -
FACULTAD DE NUTRICIÓN
REGIÓN VERACRUZ

MÉXICO

Proteínas Alternativas Sostenibles: Insectos, Algas y Fermentación de Precisión

Sustainable Alternative Protein: Insects, Algae and Precision Fermentation

José Alejandro Sánchez González

zS23009628@estudiantes.uv.mx

<https://orcid.org/0009-0001-5705-438X>

Universidad Veracruzana - Facultad de Nutrición Región Veracruz
Veracruz – México

Vanessa Shields Morales

zS23009708@estudiantes.uv.mx

<https://orcid.org/0009-0009-6463-9608>

Universidad Veracruzana - Facultad de Nutrición Región Veracruz
Veracruz – México

Rosario Adriana Reyes Díaz

rosareyes@uv.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7007-7543>

Universidad Veracruzana - Facultad de Nutrición Región Veracruz
Veracruz – México

Gabriela Blasco López

gblasco@uv.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5045-4164>

Universidad Veracruzana - Facultad de Nutrición Región Veracruz
Veracruz – México

Artículo recibido: 01/04/2026

Aceptado para publicación: 05/05/2026

Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La insostenibilidad actual del sistema alimentario mundial compromete la seguridad alimentaria y el cumplimiento de la Agenda 2030. La presente revisión analiza el potencial nutricional, el impacto ambiental y los desafíos de los insectos, las algas y la fermentación de precisión como posibles soluciones que se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). A través de la metodología PRISMA se seleccionaron 21 artículos publicados entre 2020 y 2025 en bases de datos como PubMed, MPDI y Google Scholar, priorizando estudios sobre calidad nutricional y sostenibilidad. Los hallazgos muestran que los insectos poseen una calidad proteica superior a los estándares de la FAO/OMS y favorecen la economía circular. Las microalgas destacan por su densidad nutricional y aporte de Omega-3, contribuyendo a la Acción por el Clima (ODS 13) mediante el uso eficiente de recursos hídricos. Por su parte, la fermentación de precisión permite una producción industrial controlada con alta aceptación sensorial, aunque enfrenta barreras económicas y regulatorias. Concluyendo que estas fuentes proteicas son pilares estratégicos que podrían mitigar los gases de efecto invernadero y fortalecer la Vida de Ecosistemas Terrestres (ODS 15). Las implicaciones prácticas sugieren que la transición hacia sistemas resilientes requiere integrar la innovación tecnológica con políticas públicas que fomenten la aceptación cultural. El futuro alimentario depende de una integración óptima entre la eficiencia de recursos y el cumplimiento de las metas globales de sostenibilidad.

Palabras clave: sostenibilidad, insectos, algas, fermentación de precisión

ABSTRACT

The unsustainability of the current global food system compromises food security and the fulfillment of the 2030 Agenda. This review analyzes the nutritional potential, environmental impact, and challenges of insects, algae, and precision fermentation as solutions aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs). We applied the PRISMA methodology to select 21 articles published between 2020 and 2025 in databases such as PubMed, MDPI, and Google Scholar, prioritizing studies on nutritional quality and sustainability. Findings show that insects possess protein quality exceeding FAO/WHO standards and promote a circular economy. Microalgae stand out for their nutritional density and Omega-3 contribution, supporting Climate Action (SDG 13) through efficient water resource use. Meanwhile, precision fermentation enables controlled industrial production with high sensory acceptance, although it faces economic and regulatory barriers. We conclude that these sources are strategic pillars for mitigating greenhouse gases and strengthening Life on Land (SDG 15). Practical implications suggest that the transition toward resilient systems requires integrating technological innovation with public policies that foster cultural acceptance. The future of food depends on an optimal integration between resource efficiency and the fulfillment of global sustainability goals.

Keywords: sustainability, insects, algae, precision fermentation

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) conceptualiza al sistema alimentario como: aquel que garantiza la seguridad alimentaria y la nutrición de todas las personas de tal forma que no se pongan en riesgo las bases económicas, sociales y ambientales de estas para las futuras generaciones. El problema de investigación radica en la insostenibilidad del sistema alimentario mundial debido a su gran impacto ambiental y que no garantiza, en un futuro próximo, el derecho humano a una seguridad alimentaria, saludable e inocua. Esta problemática, impulsada por el crecimiento de la población y la preocupación social por el impacto ambiental, ha llevado al sistema alimentario actual en la busca de soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente, así como un mejor impacto en la salud de los consumidores y la calidad de vida (Hidalgo Moya, J. R. 2024).

Ante la necesidad de encontrar opciones más sostenibles y saludables que permitan cubrir el aumento en la demanda de proteína, las fuentes proteicas alternativas —particularmente las de origen vegetal y marino— han comenzado a cobrar mayor relevancia. Estas alternativas no solo surgen como respuesta a los retos ambientales actuales, sino que también aportan ventajas nutricionales importantes para la alimentación humana (AMMFEN, 2024).

Los ODS fueron adoptados en 2015 por las Naciones Unidas con el objetivo mundial de poner fin a la pobreza, proteger al planeta y asegurar una vida plena a todos los individuos. Estos, fueron diseñados para combatir el hambre, el sida, la discriminación contra niñas y mujeres y la pobreza (PNUD, s.f).

La búsqueda de fuentes proteicas sostenibles se alinea directamente con varios ODS de la Agenda 2030, especialmente aquellos relacionados con la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y la innovación tecnológica. Las proteínas alternativas derivadas de insectos, algas y fermentación de precisión fungen como estrategia relacionada a alcanzar las metas de los ODS, específicamente dirigiéndonos a los ODS de Hambre Cero, Salud y Bienestar, Industria, Innovación e Infraestructura, Producción y consumo responsable, Acción por el clima y Vida de ecosistemas terrestres. Estas alternativas proteicas son estrategias prometedoras para alcanzar los ODS establecidas por las Naciones Unidas (PNUD, s.f).

Abordar este tema es de suma importancia ya que actúa como respuesta a desafíos globales como el crecimiento poblacional y el cambio climático, buscando la promoción de soluciones que mejoran la salud de los consumidores, la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental, justificando así la necesidad de explorar alternativas de alimentación innovadoras.

El incremento de la demanda mundial de proteínas, sumado al impacto ambiental significativo asociado a la ganadería —responsable de importantes emisiones de gases de efecto invernadero y alto uso de agua y suelo—, ha impulsado la exploración de alternativas como insectos, algas y la fermentación de precisión, que ofrecen un menor impacto ecológico y una mayor eficiencia productiva. Estas soluciones impactan de alguna manera en los siguientes ODS:

ODS 2. Hambre cero: Al promover sistemas alimentarios resilientes y nutritivos. La inseguridad alimentaria presente en el mundo actual se deriva de la desigualdad económica y social presente en los sistemas alimentarios actuales con respecto al acceso a servicios de alimentación adecuados, así como al alcance de compra de productos de calidad y alimentos frescos, haciendo énfasis en los elevados precios de la proteína tradicional proveniente de res, cerdo, etc. Para el año 2050 la FAO estima un aumento del 70% en el requerimiento proteico a nivel mundial, esto refuerza la necesidad de alternativas viables para cumplir la meta de “Hambre Cero” en un futuro próximo. Las alternativas proteicas nacen como respuesta y estrategia ante este objetivo de desarrollo sostenible, destacando a los insectos como proteína de alto valor nutricional y seguridad alimentaria, a las algas y la fermentación de precisión como una fuente proteica alternativa con adecuado control de producción (Hidalgo Moya, J. R. 2024).

ODS 3. Salud y bienestar: Fuentes emergentes ofrecen la posibilidad de mejorar la calidad nutricional de la dieta y reducir riesgos asociados al consumo elevado de proteínas de origen animal. Estas fuentes de proteína alternativa destacan por su gran aporte nutricional en cuanto al valor biológico de la proteína gracias a la presencia de los aminoácidos esenciales en gran cantidad respecto a las recomendaciones de la FAO, así como su destacable mejoramiento en la digestibilidad y su acción antidiabética y antihipertensiva, como con la presencia de micronutrientes como hierro, calcio y zinc (Xu et al., 2025; Pan et al., 2022).

ODS 9. Industria, innovación e infraestructura: El impulso biotecnológico detrás de estas innovaciones apoya que tecnologías como la fermentación de precisión, permitan obtener proteínas con alta calidad nutricional y menor uso de recursos, posicionándolas como herramientas clave para avanzar hacia dietas más sostenibles en un contexto global de crisis climática y crecimiento poblacional (Knychala et al., 2024).

ODS 12. Producción y consumo responsables: Al fomentar modelos de producción más eficientes. Para alcanzar este objetivo, las proteínas alternativas destacan por un mejor control

de los procesos de producción, resaltando a la fermentación de precisión por sus estándares de calidad y control durante la elaboración de las proteínas, de igual manera que los insectos y las algas, ya que sus procesos son mejor controlados y aseguran un consumo seguro para los consumidores (Knychala et al., 2024).

ODS 13. Acción por el clima: Acción por el clima, al reducir la huella ambiental asociada a la proteína animal convencional. El sistema alimentario presenta insostenibilidad derivado de la alta demanda de proteína de origen animal y las consecuencias ambientales que trae consigo la producción de esta. Es por ello que nacen las proteínas alternativas, ya que tienen un menor impacto ambiental y se consideran amigables para el mismo. Se cuenta con evidencia científica del impacto positivo en la reducción de gases de efecto invernadero de hasta un 100% en comparación a la proteína de carnes rojas, reutilización de producto agrícolas y control en los procesos de producción (Knychala et al., 2024; Lisboa et al., 2024; Hasnan et al 2023).

ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres: El impacto ambiental que presentan las proteínas alternativas es significativo ya que se puede ver una reducción de contaminación del aire y un uso eficiente de recursos como lo es la reutilización de subproductos agrícolas en los procesos de producción de la entomoproteína. También se destaca la reducción del uso de suelo. Las algas y la fermentación de precisión utilizan biorreactores y tanques que optimizan el espacio terrestre de manera drástica comparado con la ganadería tradicional (Hasnan et al., 2023; Lisboa et al., 2024., Montece Guerrero, I.D., 2025; Knychala et al., 2024).

METODOLOGÍA

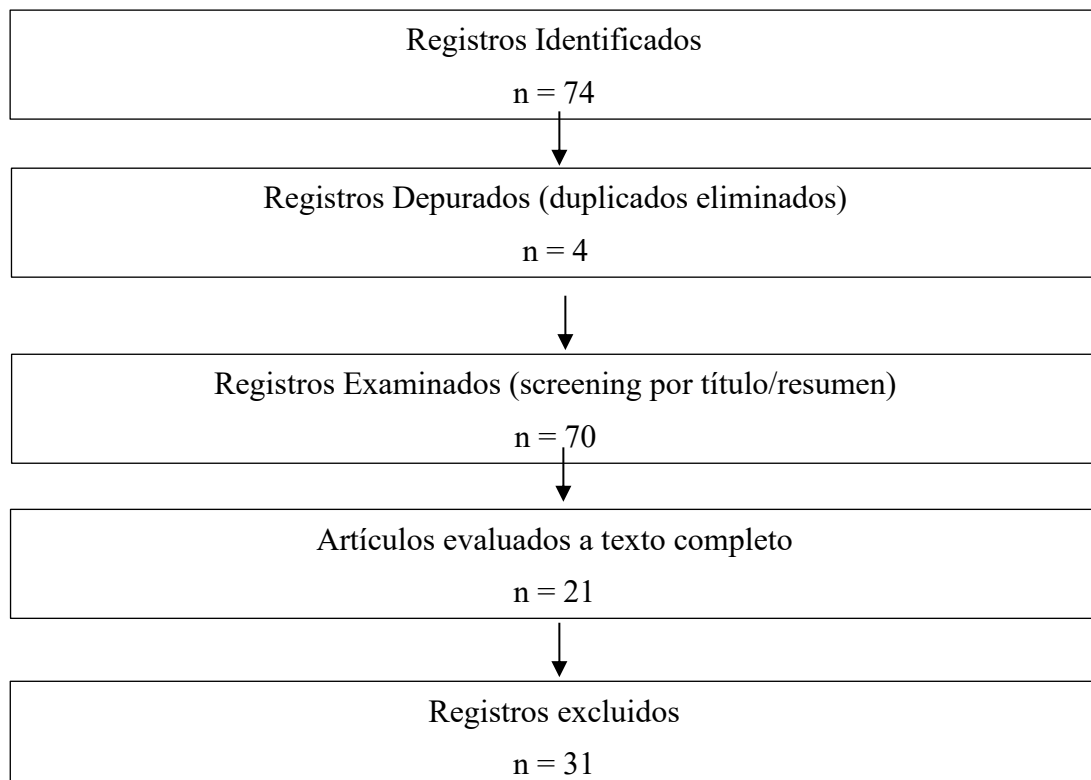
Este artículo se desarrolló siguiendo los lineamientos de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptada para una revisión bibliográfica. El proceso incluyó las siguientes etapas (Esquema 1):

- a) **Definición del objetivo y criterios de inclusión/exclusión:** Se estableció como objetivo analizar fuentes científicas relacionadas con proteínas alternativas sostenibles (insectos, algas y fermentación de precisión). Se incluyeron artículos publicados entre 2020- 2025 en idioma inglés y español, que abordaran aspectos nutricionales, tecnológicos, ambientales y regulatorios. Se excluyeron estudios duplicados, publicaciones sin acceso completo y documentos no relacionados con el tema.
- b) **Búsqueda sistemática:** La búsqueda se realizó en bases de datos académicas

como MPDI, PubMed y Google Scholar, utilizando combinaciones de palabras clave y operadores booleanos: “alternative proteins” AND “insects” OR “algae” OR “precision fermentation”. Se documentaron los filtros aplicados y el rango temporal.

- c) **Selección de estudios:** Los registros obtenidos fueron depurados eliminando duplicados y aplicando los criterios de inclusión/exclusión. El proceso se representó mediante un diagrama de flujo PRISMA, indicando el número de artículos identificados, excluidos y finalmente incluidos en la revisión.
- d) **Extracción y síntesis de datos:** De cada estudio seleccionado se extrajo información relevante: autor, año, tipo de proteína, composición nutricional, aplicaciones, impacto ambiental y desafíos. Los datos se organizaron en categorías temáticas para facilitar el análisis comparativo.
- e) **Análisis y discusión:** Los hallazgos se integraron en una síntesis narrativa, destacando tendencias, vacíos de investigación y perspectivas futuras.

Esquema 1. Metodología PRISMA adaptada a la revisión bibliográfica



Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los últimos 20 años el consumo de carne y sus derivados ha ido en aumento, provocando así, una mayor necesidad de producción, y, por ende, asumir las

consecuencias que tiene la ganadería en el impacto ambiental. De los años 2000 hasta la actualidad el aumento de la población es evidente y, debido a esta tendencia, se estima que, en el año 2050, la disponibilidad de alimentos aumentará por encima del 60%. Se estima que el requerimiento de proteína aumentará un 70% con respecto al requerimiento actual, esto influenciado directamente por el crecimiento poblacional y la urbanización (Hadi & Brightwell, 2021).

En el marco de esta investigación y como respuesta a la problemática que presenta el sistema alimentario nacen las proteínas alternativas, las cuales, de acuerdo con Hadi & Brightwell (2021) se definen como alternativas sostenibles para abordar la crisis en la producción ganadera y hacer frente a la crisis prevista para el 2050; no solo como sustituto de las proteínas tradicionales, sino como ingredientes diseñados para replicar la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales y las características fisicoquímicas de la carne y los lácteos (Siddiqui et al., 2022; Zeng et al., 2022).

Clasificación

Para una comprensión estructural del sector, las proteínas alternativas se categorizan según su origen biológico y el método de obtención.

a) Proteínas de Origen Vegetal.

Las proteínas alternativas de origen vegetal se centran en el uso de leguminosas, cereales y semillas (Choręziak et al., 2025). De acuerdo con Monsonego Ornan & Reifen (2022) este tipo de proteínas tienen dos aspectos a considerar: el factor anti nutricional y su nivel de aminoácidos el cual requiere una combinación complementaria de proteínas para alcanzar un valor biológico comparable al de la proteína de origen animal.

b) Carne Cultivada.

Dentro de esta categoría destaca principalmente el *in vitro* en el proceso de creación de tejido muscular animal (Gil et al., 2024). Según con, Quintieri et al (2023) su clasificación técnica gira en torno al proceso de bioprocesamiento: la selección de líneas celulares, el diseño de andamios (scaffolds) y la optimización del medio de cultivo. Por su parte, Puljić et al (2025) destacan que esta fuente descarta la necesidad del sacrificio animal y da como ventaja reducir grasas saturadas.

c) Entomoproteína.

Los insectos pueden considerarse como una fuente alternativa con alto grado de eficacia. Actúan como una solución fundamental y precisa ya que su consumo es muy bajo en el

mundo occidental, pero tienen un gran nivel de participación en la formación de harinas refinadas (Linares et al., 2024). Según Gil et al (2024) desde un punto de vista sostenible, pueden llegar a clasificarse por sus propiedades de bioconversión, destacando al *Enebrio molitor* y *Acheta domesticus* por sus resultados de transformación de materia orgánica de bajo valor en aminoácidos esenciales y minerales con una consecuencia hídrica mínima.

d) Proteínas unicelular y fermentación.

La fermentación de precisión tiene como característica específica la producción de proteínas específicas como la leghemoglobina de soja. Formando parte la biomasa derivada de bacterias, levaduras, microalgas y hongos (como la micoproteína de *Fusarium venenatum*) (Choręziak et al., 2025).

e) Hongos y Basidiomicetos.

Los micelios y cuerpos fructíferos de hongos atribuyen proteínas, compuestos bioactivos y una textura naturalmente carnosa (de Figueiredo Trindade et al., 2025).

Retos y oportunidades en la transición hacia fuentes sostenibles

Retos de Aceptación y Conocimiento del Consumidor

Un reto crítico es la falta de familiaridad técnica. Mellor et al (2022) estudiaron la aceptación de los consumidores en el Reino Unido con el objetivo de desarrollar una comprensión amplia y contextualizada de las creencias de los consumidores sobre las algas como una alternativa 'novedosa' a las proteínas de origen animal. A través de una serie de grupos focales (*focus groups*) en línea con consumidores del Reino Unido, con esto, se logró observar que incluso cuando existe una aceptación hacia la sostenibilidad, hay una desinformación amplia respecto a qué son las algas o las proteínas de fermentación, lo que genera una brecha en la aceptación del consumidor. El reto aquí trasciende a la transparencia en el etiquetado y el procesamiento, no solo del sabor de las alternativas proteicas.

Retos de Integración en la Cadena de Suministro

La transformación no solo recae en el consumidor, sino de todo el proceso de producción. Crawshaw & Piazza (2023), declaran que un reto importante es la aceptación de los agricultores tradicionales. La percepción de que las proteínas alternativas son "artificiales" o "tecnológicas" produce una negativa de nivel político y social que puede retrasar la legislación necesaria para su expansión a nivel mundial.

Retos Gastrointestinales y Metabólicos

Desde un punto de vista sobre salud escasamente investigada, Molfetta et al (2022) destacan que uno de los retos de las alternativas proteicas (especialmente insectos y la Proteína de Unicelular o Proteína de Biomasa Microbiana, también conocida como Single-Cell Protein o SCP por sus siglas en inglés) es la interacción que mantienen con el microbiota intestinal. Aunque mantienen controlado de manera positiva el sistema inmunológico, el alto contenido de quitina o ácidos nucleicos necesita procedimientos de refinamiento para evitar consecuencias inflamatorias o metabólicas adversas en poblaciones vulnerables.

Proteínas derivadas de insectos

La selección de organismos para el consumo humano y animal se fundamenta en su perfil de biomasa y facilidad de cría. Según Achtigall et al (2025) los tipos biológicos que resaltan en el mercado mundial por su seguridad y eficiencia son *Tenebrio molitor* (gusano de la harina) y *Acheta domesticus* (grillo doméstico). Desde otra perspectiva, Ramírez-Guzmán et al (2023) resaltan la importancia de taxones adaptados a climas extremos, como los del orden *Orthoptera* (saltamontes), que reflejan un valor estratégico para la nutrición en contextos áridos, en función de su resiliencia y su alto contenido proteico de origen natural.

Ventajas nutricionales: Los insectos destacan entre el resto de las fuentes de proteína vegetal por su alto contenido proteico y su calidad nutricional. Zielińska & Pankiewicz, (2023) mediante su estudio demuestran que el grillo de banda (*Gryllodes sigillatus*) desgrasado puede dar resultados positivos un porcentaje alto de proteína cruda (73.68%) y considerarlo un ingrediente ideal para suplementos dirigidos a una población deportiva.

Aminoácidos y Minerales: Estas fuentes de alimentación superan los requerimientos de aminoácidos esenciales de la FAO, también se destaca un aporte considerado de hierro, zinc y magnesio (Xu et al., 2025).

El autor destaca la presencia de los aminoácidos esenciales en la proteína de insectos y sus aportes a la salud de los consumidores. En la tabla 1 se presenta el perfil de aminoácidos y se compara con la recomendación en adultos de la FAO/OMS.

Tabla 1. Perfil de Aminoácidos de la Proteína de Insectos

AMINOÁCIDO ESENCIAL (AE).	CONCENTRACIÓN EN INSECTOS (PROMEDIO MG/G PROTEÍNA)	REFERENCIA FAO/OMS ADULTOS (MG/G DE PROTEÍNA)	APORTES NUTRICIONALES
Histidina	19-26	15 mg/g de proteína	Clave en procesos enzimáticos.
Isoleucina	38-48	30 mg/g de proteína	Destaca en el metabolismo muscular.
Leucina	65-85	59 mg/g de proteína	Marca la alta calidad de proteína al ser el AE más abundante.
Lisina	50-70	45 mg/g de proteína	Fortificante en la alimentación.
Metionina	20-35	22 mg/g de proteína	Supera a las leguminosas.
Fenilalanina	60-82	38 mg/g de proteína	Precursor de neurotransmisores.
Treonina	35-45	23 mg/g de proteína	Clave en la salud intestinal.
Triptófano	9-14	6 mg/g de proteína	Cubre el requerimiento, aunque en menor cantidad comparado con el resto.
Valina	45-60	39 mg/g de proteína	Esencial en la coordinación muscular.

Fuente: Elaboración Propia.

Bioactividad: Durante la digestión gastrointestinal simulada, en el proceso de la hidrólisis enzimática, las proteínas de insectos tienden a liberar péptidos con propiedades significativas. Destacan los péptidos antihipertensivos, que favorecen la regulación de la presión arterial bloqueando la formación de angiotensina II siendo inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (ACE). Por otro lado, los péptidos antioxidantes (ricos en fenilalanina y triptófano) favorecen con la capacidad de neutralizar radicales libres y disminuir el estrés oxidativo celular (Pan et al., 2022).

De igual manera, Xu et al (2025) añaden la participación de los péptidos con actividad anti diabética, mejorando la respuesta a la insulina mediante la inhibición de enzimas clave. Los péptidos antimicrobianos también tienen presencia fortaleciendo la barrera inmunológica intestinal. Gracias a la presencia de estos péptidos, las proteínas de insectos

se pueden posicionar como una fuente de prevención a enfermedades metabólicas y cardiovasculares.

Aceptación del Consumidor y Sostenibilidad: A pesar de su gran aporte nutricional y el buen recibimiento en algunos consumidores, siguen existiendo impedimentos respecto a la seguridad y la percepción. Al-Otaibi & Alabdulmohsen (2025) mencionan que, en una población joven el interés y la preocupación del bienestar ambiental los han dirigido a romper las barreras de “asco” con estas alternativas proteicas, ganando terreno la curiosidad y el compromiso social con la sostenibilidad cuando este punto es expresado de manera clara y precisa. Sin embargo, la seguridad sigue siendo un factor que juega en contra de estar alternativa.

La proteína alternativa basada en insectos es una solución transformadora en gran escala gracias a su gran aporte nutricional como a su sostenibilidad, ya que, comparado con la producción de alimento de origen animal tradicionales como la carne roja; hay una producción de hasta menos del 100% de gases de efecto invernadero con respecto a la carne roja por kilogramo por proteína (Lisboa et al., 2024). Fortaleciendo este punto, Hasnan et al (2023) señalan que el uso de la entomocultura nos permite reciclar nutrientes de subproductos agrícolas, que en otros casos terminarían siendo desechados. Esto reduce de manera significativa la huella hídrica y terrestre del sistema alimentario mundial.

La producción en la entomoproteína enfrenta grandes desafíos dirigidos principalmente a altos costos de producción y la optimización tecnológica. Según Cámara-Ruiz et al (2023) se prevé una producción masiva a nivel mundial—estimando alcanzar las 260,000 toneladas anuales en el corto plazo—, sin embargo, muchas tecnologías de procesamiento como el secado por microondas o la extracción supercrítica siguen siendo un desafío presente debido a los elevados costos durante la producción que pueden entorpecer su viabilidad a gran escala frente a las proteínas tradicionales.

Proteínas derivadas de algas

Las microalgas son las más utilizadas en la producción de proteína unicelular (SCP) debido a su alta productividad y facilidad de cultivo controlado (Bratosin et al., 2021). De acuerdo con Puljić et al (2025) las macroalgas (algas marinas) y microalgas unicelulares las cuales son comúnmente empleadas como SCP en el desarrollo de productos alimentarios innovadores (Hung et al; 2023).

Las algas utilizadas como fuente de proteína se clasifican dentro de la tabla 2:

Tabla 2. Tipos de algas

<i>Chlorella vulgaris</i>	Muy utilizada debido a su capacidad de crecimiento rápido y perfil nutricional.
<i>Dunaliella salina</i>	Conocida por su tolerancia a la salinidad y producción de carotenoides.
<i>Nannochloropsis oculata</i>	Valorada por su contenido de lípidos y proteínas.
<i>Tetraselmis suecica</i>	Utilizada frecuentemente en acuicultura y alimentación humana.
Arthrospira (Spirulina) y Scenedesmus obliquus	Microalgas ampliamente estudiadas por su rápido crecimiento y alto contenido proteico otra microalga extremófila que gana atención por su capacidad de crecer en condiciones ácidas es la <i>Galdieria sulphuraria</i>
Macroalgas (algas marinas)	Incluyen algas rojas, verdes y pardas, tales como <i>Palmaria palmata</i> (dulse), con aplicaciones alimentarias directas y valor nutricional relevante.

Fuente: Modificada de Kurek et al., 2022.

Contenido proteico y aminoácidos esenciales: Las algas pueden presentar contenidos proteicos superiores a fuentes vegetales tradicionales, dependiendo de la especie y las condiciones de cultivo. Las algas, particulares como *Arthrospira platensis* y *Chlorella vulgaris*, contienen proteínas de alta calidad con perfiles completos de aminoácidos esenciales como son histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.

El análisis indica que géneros como *Arthrospira* (Espirulina) pueden tener hasta un 70% de proteína en su peso seco, mientras que otras variedades de microalgas generalmente presentan valores entre el 40% y el 60%. Esta proporción es considerablemente más alta que la de las fuentes vegetales habituales.

Según el autor, el perfil aminoacídico de las algas verdes y rojas es similar al de la proteína de huevo, lo que sugiere alta calidad biológica. Se menciona que las algas pueden mejorar el valor nutricional de alimentos procesados (como el pan y la pasta) al proporcionar aminoácidos que suelen ser limitados en los cereales. Por ejemplo,

incorporar biomasa de *Chlorella sorokiniana* incrementa significativamente el contenido de aminoácidos esenciales en formulaciones sin gluten.

El artículo enfatiza que, a pesar de estas elevadas cantidades, la biodisponibilidad de estos aminoácidos depende de la estructura del alga. La pared celular rígida, formada por polisacáridos, actúa como una barrera que requiere tratamiento tecnológico para que las enzimas humanas puedan acceder y descomponer las proteínas de manera efectiva.

Las algas son la única fuente alternativa en este estudio que combina este perfil proteico con una cantidad considerable de fibra dietética (hasta un 50%) y ácidos grasos esenciales como el EPA y DHA, lo que mejora su valor nutricional integral. Lo que las convierte en fuentes prometedoras de proteína alternativa, sin embargo, algunos autores indican que la digestibilidad de las proteínas de algas puede ser menor en comparación con proteínas vegetales convencionales, lo que representa un reto tecnológico (Puljić et al., 2025).

Las proteínas de algas poseen todos los aminoácidos esenciales ya antes mencionados, no obstante, se ha informado de una escasez relativa de aminoácidos azufrados como la cisteína y la metionina, lo cual podría necesitar que se les agreguen suplementos para su uso como proteína única en las dietas, adicionalmente, las algas son una fuente importante de minerales esenciales y vitaminas (A, B, C, D y E). (Bratosin et al., 2021)

Consideraciones ambientales y económicas: Las microalgas son reconocidas una opción sostenible, debido a su menor huella ambiental, mayor eficiencia productiva y carácter amigable con los animales (Hung et al., 2023). Desde el punto de vista económico, aunque los costos de producción y estandarización siguen siendo un desafío, su alto valor nutricional y funcional ofrece oportunidades para el desarrollo de ingredientes innovadores y sostenibles (Puljić et al., 2025). Económicamente, los costos se reducen gracias al rápido crecimiento algal y a la elevada eficiencia en la conversión de sustratos en biomasa, no obstante, la aceptación del consumidor y la percepción de seguridad siguen siendo desafíos para su implementación a gran escala en la dieta humana (Bratosin et al., 2021).

La producción de proteína de algas ayuda a reducir la dependencia de las fuentes de proteína animal tradicionales, siendo una opción más ecológica (Costa et al., 2023). Ya que las algas marinas son organismos fotosintéticos que liberan oxígeno en los ecosistemas marinos y forman parte esencial del ciclo de nutrientes, sosteniendo grandes

redes ecológicas (Montece Guerrero, I.D., 2025).

Una consideración económica y de salud importante es la capacidad de algunas algas para acumular metales pesados como el cadmio y altas concentraciones de minerales como el yodo (Bull et al., 2022).

Proteínas de Fermentación de Precisión

La fermentación de precisión (FP) se define como el uso de microorganismos genéticamente diseñados para producir moléculas, principalmente proteínas, enzimas y compuestos bioactivos, mediante procesos fermentativos controlados (Liu et al., 2024). Esta tecnología hace uso de microorganismos como "fábricas celulares" con la finalidad de generar moléculas particulares de alto valor, que son iguales a las que se hallan en la naturaleza o en productos provenientes de animales

Microorganismos y plataformas utilizadas: Los microorganismos empleados suelen pertenecer al grupo GRAS (Generally Recognized as Safe), lo que facilita su aprobación regulatoria y aceptación industrial. Las principales plataformas microbianas incluyen: enzimas proteolíticas por ejemplo las plataformas que utilizan alcalasa, neutrasa, flavourzyme, papaína y bromelina para generar hidrolizados bioactivos (Muniz et al., 2024).

Algunas bacterias como *Escherichia coli* (muy utilizada por su rápido crecimiento) y *Bacillus subtilis*; levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (la levadura del pan/cerveza) y *Komagataella phaffii* (anteriormente *Pichia pastoris*), preferidas por su capacidad de secretar proteínas complejas, microorganismos como *Aspergillus oryzae* y *Trichoderma reesei* son hongos filamentosos excelentes para la producción de enzimas a gran escala, de igual manera tenemos a las menos comunes que son las microalgas ya que se exploran por su alta capacidad de fotosíntesis, cada una seleccionada según el tipo de proteína o metabolito a producir (Knychala et al., 2024; Liu et al., 2024).

La fermentación vegetal tradicional depende en gran medida de poblaciones microbianas que incluyen bacterias ácido-lácticas (BAL), levaduras y hongos (Dhiman et al., 2025). Los hongos filamentosos también desempeñan un papel crucial en la reducción de los factores anti nutricionales, particularmente en la degradación del fitato.

Ventajas frente a métodos tradicionales: Es el uso específico de microorganismos lo que permite obtener mejoras nutricionales ya que son difíciles de alcanzar con prácticas

convencionales como el remojo, la cocción o la fermentación natural. En lo particular, la disminución del ácido fítico, los taninos, la rafinosa y los inhibidores de tripsina, el aumento en el contenido proteico, así como la mejora en la digestibilidad, ilustran la mayor eficacia de la fermentación de precisión.

A comparación de las técnicas tradicionales, donde las modificaciones nutricionales dependen de procesos descontrolados, la fermentación de precisión permite elegir deliberadamente cepas microbianas y controlar con rigor las condiciones del proceso, asegurando resultados consistentes, inocuos y fiables. De igual manera, los datos indican que estas mejoras se pueden alcanzar utilizando ingredientes vegetales comunes, lo que resalta una ventaja adicional en comparación otros métodos a los cuales estamos acostumbrados, la capacidad de crear alimentos con un mayor valor nutricional y funcional sin necesidad de usar procesos que consumen más recursos o recurrir a ingredientes de origen animal. Así, la fermentación de precisión se establece como una opción tecnológicamente avanzada y más sostenible para mejorar la nutrición de los alimentos (Knychala et al., 2024).

Las BAL, como las especies del género *Lactobacillus*, son esenciales en la fermentación de diversos productos de origen vegetal, incluidos vegetales y cereales, la capacidad para convertir azúcares en ácido láctico mejora la conservación y el sabor de estos alimentos, además de proporcionar beneficios a la salud de los consumidores a través de probióticos, estas perspectivas modernas enfatizan la comprensión científica de las interacciones microbianas, los avances en la tecnología de fermentación y el interés de los consumidores hacia productos alimenticios orientados a la salud y sostenibles. La adaptabilidad de la tecnología de fermentación facilita la producción de una amplia gama de alternativas alimenticias a base de plantas, contribuyendo así a la variedad e inclusión en la dieta (Dhiman et al., 2025).

Aplicaciones actuales y potencial futuro: Actualmente, la fermentación de precisión se utiliza en la producción de proteínas lácteas recombinantes, albúmina de huevo, vitaminas, ácidos grasos y compuestos fenólicos, con aplicaciones en alimentos, suplementos y farmacéutica, ejemplos comerciales incluyen la β - lactoglobulina y lactoferrina producidas mediante *Trichoderma reesei* (Dhiman et al., 2025).

A futuro, se espera una expansión significativa hacia proteínas completas para alimentos básicos, ingredientes personalizados, nutrición de precisión y producción alimentaria en ambientes extremos. Estas aplicaciones posicionan a la fermentación de precisión como

una herramienta clave para la seguridad alimentaria global (Liu et al., 2024).

Regulación y percepción del consumidor: La aceptación del consumidor hacia proteínas alternativas producidas por fermentación de precisión depende de factores como familiaridad, percepción de naturalidad, beneficios ambientales y seguridad percibida (Hidalgo Moya, J. R. 2024).

El análisis de la literatura de manera comparativa sobre las proteínas alternativas revela un panorama donde ninguna fuente es superior frente a otra, sino que, según sus características, se van complementando según la variable analizada.

La evidencia posiciona a los insectos como la fuente con mayor calidad proteica derivado de su perfil de aminoácidos esenciales, superando incluso los estándares de la FAO/OMS en lisina y leucina. Por otro lado, las algas demuestran una variabilidad significativa; la pared celular robusta presente en estos organismos limita la calidad de proteína presente, la cual, tiene un valor bastante elevado en estas especies. Mientras que la fermentación de precisión resalta por sus cualidades respecto a la replicación de perfiles específicos, sumado a una alta digestibilidad gracias a la biomasa obtenida durante este proceso.

Hablando sobre sostenibilidad, las tres fuentes proteicas estudiadas tienen un impacto positivo en el medio ambiente, dando así, respuesta a una de las problemáticas más fuertes del sistema alimentario mundial. Las algas y la fermentación presentan una gran tendencia en esta variable al utilizar fotobiorreactores y tanques de cultivo que logran disminuir el uso de suelo. No obstante, los insectos igual demuestran gran eficiencia con respecto a la sostenibilidad, esto, derivado de su reducción casi total de la emisión de gases de efecto invernadero (Lisboa et al., 2024), así como la transformación de residuos orgánicos de bajo valor en productos con alta calidad proteica (Hasnan et al., 2023). Los resultados evidencian que los insectos mejoran la gestión de residuos, mientras que las algas actúan como sumideros de carbono, cumpliendo ambos con el pilar de sostenibilidad de esta investigación (Montece Guerrero, I.D., 2025).

Respecto a su capacidad bioactiva, los resultados y la literatura demuestran que los insectos tienen una gran ventaja a su favor en la liberación de péptidos bioactivos con diversas propiedades metabólicas tras la digestión (Pan et al., 2022). Por otro lado, la fermentación de precisión tiene aspectos positivos referentes a la industria, logrando ofrecer una mejor función técnica, esto, logra permitir crear análogos de lácteos o carnes con texturas casi

idénticas a las proteínas convencionales, algo con lo que las algas no se encuentran familiarizadas debido a sus pigmentos y sabores.

Mellor et al (2022) Mencionan que la aceptación del consumidor representa el mayor reto para las tres alternativas. Por un lado, los insectos se enfrentan a la barrera del asco, aunque en los últimos años se ha ido debilitando derivado de la preocupación social de las nuevas generaciones por la sostenibilidad. Por el otro lado, las algas y los productos de fermentación tienen un mejor recibimiento derivado de una mejor imagen social. Sin embargo, de la perspectiva de los costos los papeles se invierten ya que la fermentación y las algas cuentan con grandes costos de producción lo que les da cierta desestabilidad; al contrario, con los insectos que cuentan con costos bastante accesibles.

La elección de una proteína alternativa depende de la prioridad del sistema alimentario: los insectos para proteína de calidad, propiedades bioactivas, sostenibilidad y accesibilidad por bajo costo; las algas por un aporte crudo de proteína y otros nutrientes, así como su viabilidad a un sistema sostenible, y la fermentación de precisión como una alternativa con mejor percepción de los consumidores y un impacto ambiental positivo. Con base a la literatura revisada y las variables a estudiar se obtuvieron los siguientes resultados comparados en la tabla 3.

Tabla 3. Comparación de las proteínas alternativas en base a su valor nutricional, impacto ambiental, costos y aceptación del consumidor

	PROTEÍNAS DE INSECTOS	PROTEÍNAS DE ALGAS	FERMENTACIÓN DE PRECISIÓN
Valor Nutricional	Destaca su complejidad en el perfil de aminoácidos, llevando a la entomoproteína a ser una alternativa proteica de calidad y con características de prevención de enfermedades metabólicas y cardiovasculares gracias a la presencia de los AE y de algunos minerales.	La composición nutricional de las microalgas se caracteriza por su notable concentración de proteínas en comparación con fuentes tradicionales. Algunos géneros como <i>Arthrospira</i> (Espirulina) pueden tener hasta el 70% de su peso en forma de proteína. Un aspecto distintivo señalado por los autores es que las microalgas representan la única fuente alternativa de proteínas en esta revisión que proporciona ácidos grasos poliinsaturados de larga cadena, incluyendo Omega-3 (EPA y DHA). Esta combinación de lípidos, junto con un contenido de fibra dietética que puede llegar al 50% en algunas especies, confiere a las algas una doble función nutricional.	Presenta un aumento considerable en el contenido proteico, así como la mejora en la digestibilidad, ilustran la mayor eficacia de la fermentación de precisión. De igual manera, una reducción del contenido de taninos, lo que mejora la digestibilidad y disminuye el efecto anti nutricional.
Impacto Ambiental.	Hay una producción de hasta menos del 100% de gases de efecto invernadero con respecto a la carne roja por kilogramo por proteína. Fortaleciendo este punto, se señala que el uso de la entomocultura nos permite reciclar nutrientes de subproductos agrícolas, que en otros casos terminarían siendo desechados. Esto reduce de manera significativa la huella hídrica y terrestre del sistema alimentario mundial.	La producción de proteína de algas ayuda a reducir la dependencia de las fuentes de proteína animal tradicionales, siendo una opción más ecológica. Ya que las algas marinas son organismos fotosintéticos que liberan oxígeno en los ecosistemas marinos y forman parte esencial del ciclo de nutrientes, sosteniendo grandes redes ecológicas.	Se estudió el impacto ambiental que se puede producir especialmente por emisiones gaseosas de compuestos orgánicos volátiles (COVs), metano (CH ₄), amoníaco (NH ₃) y óxido nitroso (N ₂ O) durante este tipo de fermentaciones. En este contexto, la transición de una producción basada en animales a una basada en microorganismos representa uno de los cambios más sostenibles en la historia de la alimentación, ya que podría reducir significativamente las emisiones contaminantes y promover una producción más responsable con el medio ambiente.

Costos y Escalabilidad	Esta alternativa proteica se enfrenta a grandes costos de producción masiva comparados con la proteína tradicional, sin embargo, distintos autores destacan su viabilidad con ciertos modelos económicos y se prevé que en los próximos años la producción pueda ser global.	Económicamente, los costos se reducen gracias al rápido crecimiento algal y a la elevada eficiencia en la conversión de sustratos en biomasa. Desde el punto de vista económico, aunque los costos de producción y estandarización siguen siendo un desafío, su alto valor nutricional y funcional ofrece oportunidades para el desarrollo de ingredientes innovadores y sostenibles.	La fermentación de precisión se basa en igualar los precios con la cría de animales tradicional a pesar de que los gastos de producción son altos en este momento, se anticipa una caída considerable gracias a la mejora de los sustratos y la optimización de las economías de escala.
Desafíos de adaptación	La preocupación del bienestar ambiental ha dirigido a la población a romper las barreras de “asco” con estas alternativas proteicas, ganando terreno la curiosidad y el compromiso social con la sostenibilidad cuando este punto es expresado de manera clara y precisa. Sin embargo, la seguridad sigue siendo un factor que juega en contra de estar alternativa.	Las microalgas tienen un gran desafío para enfrentarse, y es el sabor y olor "a mar" o "pescado" muy intenso debido a compuestos volátiles, además de un color verde oscuro (clorofila) que puede ser poco atractivo.	La aceptación del consumidor hacia proteínas alternativas producidas por fermentación de precisión depende de factores como familiaridad, percepción de naturalidad, beneficios ambientales y seguridad percibida.

Fuente: (Xu et al., 2025; Pan et al., 2022; Lisboa et al., 2024; Hasnan et al., 2023; Cámara-Ruiz et al., 2023; Al-Otaibi & Alabdulmohsen., 2025; Costa et al., 2023; Montece Guerrero, I.D., 2025; Bratosin et al., 2021; Puljić et al., 2025; Hidalgo Moya, J. R. 2024; Coronel-León et al., 2025; Knychala et al., 2024; Muniz et al., 2024).

CONCLUSIÓN

La evidencia científica analizada en este artículo demuestra como las proteínas alternativas son fuentes viables para poder alcanzar un sistema alimentario sostenible dependiendo de una integración adecuada de las mismas. Se ha documentado información que destaca a los insectos y las algas por su interacción de eficiencia en el uso de recursos y su alta proteína de calidad, mientras que la fermentación de precisión ofrece un alto grado de control, escalabilidad y estandarización del producto final.

Las alternativas proteicas también cuentan con significativos aportes nutricionales, destacando a las algas y a los insectos por su calidad biológica gracias a sus perfiles de aminoácidos esenciales que incluso superan los requerimientos recomendados por la FAO.

Pese a los aportes positivos que nos dan estas fuentes de proteína, existen controversias relacionadas con la aceptación sensorial y cultural de integración de algunos insectos, la extracción y composicional de las algunas algas y los costos de producción asociados a las tecnologías de fermentación de precisión, lo que limita su adopción a gran escala.

En este marco, las investigaciones futuras tienen que enfocarse en la mejora de los procesos de producción, el análisis de la aprobación del consumidor y el establecimiento de regulaciones definidas que apoyen los procesos de producción. Por ende, es preciso llevar a cabo investigaciones comparativas que posibiliten determinar su impacto ambiental, nutricional y económico en comparación con las proteínas convencionales.

En conclusión, se establece que el futuro de nuestra alimentación no depende de un factor único sino de una integración óptima entre el medio ambiente y los avances tecnológicos. Lograr una transición hacia un sistema alimentario seguro solo será efectiva si se logran romper las barreras económicas y culturales respecto a estas alternativas, transformándose en opciones cotidianas y no solo en promesas tecnológicas, garantizando así, una nutrición saludable, sostenible y accesible para la población mundial.

REFERENCIAS

Al-Otaibi, H. H., & Alabdulmohsen, S. R. (2025). From Disgust to Curiosity: Investigating Saudi University Students' Willingness and Attitudes Toward Edible Insects as an Alternative Protein Source. *Insects* , 16(9). <https://doi.org/10.3390/insects16090963>

- Asociación Mexicana de Miembros de Facultades y Escuelas de Nutrición. (2024, 18 de octubre). *Proteínas alternativas*. www.ammfen.mx/biblioteca/noticias/341/proteinas-alternativas
- Bratosin, B. C., Darjan, S., & Vodnar, D. C. (2021). Single cell protein: A potential substitute in human and animal nutrition. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 16). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su13169284>
- Bull, C., Belobrajdic, D., Hamzelou, S., Jones, D., Leifert, W., Ponce-Reyes, R., Terefe, N. S., Williams, G., & Colgrave, M. (2022). *How Healthy Are Non-Traditional Dietary Proteins? The Effect of Diverse Protein Foods on Biomarkers of Human Health*. <https://doi.org/10.3390/foods>
- Cámara-Ruiz, M., Sánchez-Venegas, A., Blasco-Lavilla, N., Hernández, M. D., Sánchez-Liarte, F., Fernández-Gutiérrez, D., & Lara-Guillén, A. J. (2023). Comparative Assessment of Insect Processing Technologies for Sustainable Insect Protein Production. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813735>
- Choręziak, A., Rosiejka, D., Michałowska, J., & Bogdański, P. (2025). Nutritional Quality, Safety and Environmental Benefits of Alternative Protein Sources—An Overview. In *Nutrients* (Vol. 17, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu17071148>
- Costa, E., Ribeiro, M., Filipe-Ribeiro, L., Cosme, F., & Nunes, F. M. (2024). *Protein Extraction from *Arthrospira platensis* for Use in Food Processing*. 8. <https://doi.org/10.3390/msf2023023008>
- Crawshaw, C., & Piazza, J. (2023). Livestock Farmers' Attitudes towards Alternative Proteins. *Sustainability (Switzerland)*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/su15129253>
- De Figueiredo Trindade, A. R., de Brito Hilario, I., Gimenes da Rocha, E. A., da Rosa Borges dos Santos, L. A., Giatti Marques de Souza, C., Proença Dantas, M., Roldão Ferreira, B. M., Carvalho Gomes Corrêa, R., Yamaguchi, N. U., Bracht, A., & Peralta, R. M. (2025). Sustainable Production of Alternative Proteins from Basidiomycetes: Valorization of

- Mycelial and Fruiting Body Biomass. In *Processes* (Vol. 13, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/pr13113746>
- Dhiman, S., Kaur, S., Thakur, B., Singh, P., & Tripathi, M. (2025). Nutritional Enhancement of Plant- Based Fermented Foods: Microbial Innovations for a Sustainable Future. In *Fermentation* (Vol. 11, Issue 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/fermentation11060346>
- Gil, M., Rudy, M., Duma-Kocan, P., Stanisławczyk, R., Krajewska, A., Dziki, D., & Hassoon, W. H. (2024). Sustainability of Alternatives to Animal Protein Sources, a Comprehensive Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 16, Issue 17). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su16177701>
- 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>
- Hasnan, F. F. B., Feng, Y., Sun, T., Parraga, K., Schwarz, M., & Zarei, M. (2023). Insects as Valuable Sources of Protein and Peptides: Production, Functional Properties, and Challenges. In *Foods* (Vol. 12, Issue 23). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods12234243>
- Hidalgo Moya, J. R. (2024). La evolución hacia un sistema alimentario sostenible, seguro y saludable: nuevas tendencias alimentarias y control de los riesgos emergentes. *Journal of Human Security and Global Law*, 3, 75–104. <https://doi.org/10.5565/rev/jhsgl.43>
- Hung, Y., Van der Stricht, H., & Verbeke, W. (2023). *Consumer Acceptance and Nutritional Expectations of Microalgae Protein Products: Insights from a Cross-European Study*. 87. <https://doi.org/10.3390/proceedings2023091087>
- Knychala, M. M., Boing, L. A., Ienczak, J. L., Trichez, D., & Stambuk, B. U. (2024). Precision Fermentation as an Alternative to Animal Protein, a Review. In *Fermentation* (Vol. 10, Issue 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/fermentation10060315>

- Kurek, M. A., Onopiuk, A., Pogorzelska-nowicka, E., Szpicer, A., Zalewska, M., & Póltorak, A. (2022). Novel Protein Sources for Applications in Meat-Alternative Products— Insight and Challenges. In *Foods* (Vol. 11, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11070957>
- Linares, D., Francisco, J., Nogueira, L., Caetano, M., Pinto, E., & Mateus, M. P. (2024). *Perceptions of Insects and Algae as Alternative Protein Sources*. 6. <https://doi.org/10.3390/proceedings2024099006>
- Lisboa, H. M., Nascimento, A., Arruda, A., Sarinho, A., Lima, J., Batista, L., Dantas, M. F., & Andrade, R. (2024). Unlocking the Potential of Insect-Based Proteins: Sustainable Solutions for Global Food Security and Nutrition. In *Foods* (Vol. 13, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods13121846>
- Liu, Y., Aimutis, W. R., & Drake, M. A. (2024). Dairy, Plant, and Novel Proteins: Scientific and Technological Aspects. In *Foods* (Vol. 13, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods13071010>
- Mellor, C., Embling, R., Neilson, L., Randall, T., Wakeham, C., Lee, M. D., & Wilkinson, L. (2022). Consumer Knowledge and Acceptance of “Algae” as a Protein Alternative: A UK-Based Qualitative Study. *Foods*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/foods11121703>
- Molfetta, M., Morais, E. G., Barreira, L., Bruno, G. L., Porcelli, F., Dugat-Bony, E., Bonnarne, P., & Minervini, F. (2022). Protein Sources Alternative to Meat: State of the Art and Involvement of Fermentation. In *Foods* (Vol. 11, Issue 14). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11142065>
- Monsonego Ornan, E., & Reifen, R. (2022). Revisiting Protein Quality Assessment to Include Alternative Proteins. *Foods*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/foods11223740>
- Montece Guerrero I D. (2025). *Potencial de los extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y protección en plantas*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO.

- Muniz, E. do N., Montenegro, R. T. de Q., da Silva, D. N., D'Almeida, A. P., Gonçalves, L. R. B., & de Albuquerque, T. L. (2024). Advances in Biotechnological Strategies for Sustainable Production of Non-Animal Proteins: Challenges, Innovations, and Applications. In *Fermentation* (Vol. 10, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) <https://doi.org/10.3390/fermentation10120638>
- Pan, J., Xu, H., Cheng, Y., Mintah, B. K., Dabbour, M., Yang, F., Chen, W., Zhang, Z., Dai, C., He, R., & Ma, H. (2022). Recent Insight on Edible Insect Protein: Extraction, Functional Properties, Allergenicity, Bioactivity, and Applications. In *Foods* (Vol. 11, Issue 19). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11192931>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s. f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Puljić, L., Banožić, M., Kajić, N., Vasilj, V., Habschied, K., & Mastanjević, K. (2025). Advancements in Research on Alternative Protein Sources and Their Application in Food Products: A Systematic Review. In *Processes* (Vol. 13, Issue 1). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/pr13010108>
- Quintieri, L., Nitride, C., De Angelis, E., Lamonaca, A., Pilolli, R., Russo, F., & Monaci, L. (2023). Alternative Protein Sources and Novel Foods: Benefits, Food Applications and Safety Issues. In *Nutrients* (Vol. 15, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu15061509>
- Ramírez-Guzmán, N., Torres-León, C., Aguillón-Gutiérrez, D., & Aguirre-Joya, J. A. (2023). Insects, Plants, and Microorganisms from Dry Lands as Novel Sources of Proteins and Peptides for Human Consumption. In *Foods* (Vol. 12, Issue 23). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods12234284>
- Siddiqui, S. A., Alvi, T., Sameen, A., Khan, S., Blinov, A. V., Nagdalian, A. A., Mehdizadeh, M., Adli, D. N., & Onwezen, M. (2022). Consumer Acceptance of Alternative Proteins: A Systematic Review of Current Alternative Protein Sources and Interventions Adapted to Increase Their Acceptability. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 22).

MDPI. <https://doi.org/10.3390/su142215370>

Xu, F., Zhao, Y., Han, Z., Zhang, X., Chen, B., Zhu, X., & Liu, H. (2025). Sustainable Emerging Proteins: Allergenic Proteins in Edible Insects, Microalgae, and Microorganisms, and Desensitization Processing Technologies. *Foods*, 15(1), 69. <https://doi.org/10.3390/foods15010069>

Xu, X., Feng, M., Wei, T., Pan, F., Zhao, L., & Zhao, L. (2025). Edible Insects as Future Proteins: Nutritional Value, Functional Properties, Bioactivities, and Safety Perspectives. In *Nutrients* (Vol. 17, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu17193165>

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



doi: <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i2.222>

Cómo citar este artículo (APA 7ª edición):

Sánchez González, J. A. ., Shields Morales, V. ., Reyes Díaz, R. A. ., & Blasco López, G. . (2026). Proteínas Alternativas Sostenibles: Insectos, Algas y Fermentación de Precisión. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(2), 373-398. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i2.222>