



*Insectos comestibles: propiedades nutricionales, funcionales y su impacto en la seguridad alimentaria*

*Edible insects: nutritional and functional properties and their impact on food safety*

*Insetos comestíveis: propriedades nutricionais e funcionais e o seu impacto na segurança alimentar*

Camila Ochoa-Torres <sup>I</sup>  
[cochoa7008@uta.edu.ec](mailto:cochoa7008@uta.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5859-9448>

Carmen Patricia Viteri-Robayo <sup>II</sup>  
[carmenpviteri@uta.edu.ec](mailto:carmenpviteri@uta.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2780-8790>

**Correspondencia:** [cochoa7008@uta.edu.ec](mailto:cochoa7008@uta.edu.ec)

Ciencias de la Educación  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 15 de mayo de 2024 \* **Aceptado:** 30 de junio de 2024 \* **Publicado:** 31 de julio de 2024

- I. Universidad Técnica de Ambato Estudiante, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Ambato Docente, Ecuador.

## Resumen

El aumento demográfico mundial, demanda generar alimentos sostenibles; el consumo de insectos no invertebrados puede ser una fuente rica en proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales, con propiedades funcionales que benefician la salud humana, desempeñando un papel crucial en la lucha contra la inseguridad alimentaria, desempeñando un papel crucial en la lucha contra la inseguridad alimentaria, en especial en áreas desfavorecidas, mientras reducen el impacto ambiental. A pesar de sus beneficios, enfrentan desafíos regulatorios y de aceptación que deben ser superados para una implementación efectiva a largo plazo. Con el objetivo de proporcionar información sobre el potencial de los insectos comestibles como una fuente nutritiva y funcional, su impacto en la seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental.

Los insectos comestibles característicos de ser una fuente alimentaria con valor nutricional elevado y funcional, su consumo responde a la necesidad de sobrecargar los recursos naturales y su impacto en la ecología; su comercialización presenta desafíos significativos. En conclusión, la distinción de los insectos comestibles está en su capacidad de combatir la deficiencia de proteína; fortaleciendo la seguridad alimentaria en las naciones menos desarrolladas, ofreciendo una opción sostenible con características sobre la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas.

**Palabras Clave:** Insectos comestibles; Gusano de la harina; Insectos como alimento; Industria alimentaria; Alimentación sostenible.

## Abstract

The global demographic increase demands the generation of sustainable food; the consumption of non-invertebrate insects can be a rich source of protein, healthy fats, vitamins and minerals, with functional properties that benefit human health, playing a crucial role in the fight against food insecurity, playing a crucial role in the fight against food insecurity, especially in disadvantaged areas, while reducing environmental impact. Despite their benefits, they face regulatory and acceptance challenges that must be overcome for effective long-term implementation. With the aim of providing information on the potential of edible insects as a nutritious and functional source, their impact on food security and environmental sustainability.

Edible insects are characterized by being a food source with high nutritional and functional value, their consumption responds to the need to overload natural resources and their impact on ecology; their commercialization presents significant challenges. In conclusion, the distinction of edible

insects is in their ability to combat protein deficiency; strengthening food security in less developed nations, offering a sustainable option with characteristics on the prevention and treatment of chronic diseases.

**Keywords:** Edible insects; Mealworm; Insects as food; Food industry; Sustainable food.

## Resumo

O aumento da população global exige a geração de alimentos sustentáveis; O consumo de insetos não invertebrados pode ser uma fonte rica em proteínas, gorduras saudáveis, vitaminas e minerais, com propriedades funcionais que beneficiam a saúde humana, desempenhando um papel crucial no combate à insegurança alimentar, desempenhando um papel crucial no combate à insegurança alimentar, especialmente em zonas desfavorecidas, reduzindo ao mesmo tempo o impacto ambiental. Apesar dos seus benefícios, enfrentam desafios regulamentares e de aceitação que devem ser ultrapassados para uma implementação eficaz a longo prazo. Com o objetivo de fornecer informação sobre o potencial dos insetos comestíveis como fonte nutricional e funcional, o seu impacto na segurança alimentar e na sustentabilidade ambiental.

Os insetos comestíveis têm a característica de ser uma fonte alimentar de elevado valor nutricional e funcional, o seu consumo responde à necessidade de sobrecarga dos recursos naturais e ao seu impacto na ecologia; A sua comercialização apresenta desafios significativos. Concluindo, a distinção dos insetos comestíveis reside na sua capacidade de combater a deficiência proteica; reforçar a segurança alimentar nas nações menos desenvolvidas, oferecendo uma opção sustentável com recursos de prevenção e tratamento de doenças crónicas.

**Palavras-chave:** Insetos comestíveis; larva da farinha; Insetos como alimento; Indústria alimentar; Alimentação sustentável.

## Introducción

Según datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se ha observado un aumento notable en la población mundial en las últimas décadas (Guiné et al., 2021); casi siete veces mayor que en el siglo XVIII, debido a una transición demográfica que se encuentra en segunda fase (Ordoñez-Araque et al., 2022). Se calcula que para el año 2050, cerca de 10 mil millones de personas habitarán el planeta (Abril et al., 2022). El aumento demográfico plantea un

desafío significativo para la tierra, por el aumento en la demanda de alimentos de origen animal y vegetal (Ordoñez-Araque et al., 2022).

El sistema alimentario actual consume: más del 30 % de la superficie terrestre, con un 70 % del suministro de agua potable y un 20 % de la energía, deteriorando los recursos naturales y ecosistemas (Florença et al., 2022). Incrementando las emisiones de gases de efecto invernadero, sobreexplotación de recursos hídricos y terrestres (Ordoñez-Araque et al., 2022). Este cambio climático puede reducir la producción de alimentos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria (Kemsawasd et al., 2022). En 2017, la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO) señaló que el cambio climático y la explotación de recursos naturales amenazan la accesibilidad de alimentos seguros y nutritivos (Abril et al., 2022).

Para 2050, se proyecta que 6,000 millones de personas vivirán en países con escasez de alimentos (Illa et al., 2022; Ros-Baró et al., 2022; Zhou et al., 2022). Los cambios sociales y demográficos, la reducción de áreas agrícolas, demanda creciente de alimentos, cambios en patrones de consumo, disparidad en ingresos y el desperdicio de alimentos, amenazan la seguridad alimentaria mundial (Żuk-Gołaszewska et al., 2022); que conduce a la malnutrición por desnutrición, afectando a 446 millones de personas en África, 57 millones en Asia y 14 millones en América Latina y el Caribe 12 millones (Aidoo et al., 2023), que aumenta en un 1,5 %. En los niños menores de 5 años la deficiencia de micronutrientes causa 3,1 millones de muertes.

Organismos internacionales prevén un aumento del 70 % en la producción alimentaria para evitar la malnutrición (Mina et al., 2023; Urcola, 2023); con evidencia que advierte riesgos en la cadena alimentaria, incluida la reducción de proteínas dietéticas (Florença et al., 2022; Kemsawasd et al., 2022). Resulta crucial reconfigurar los sistemas alimentarios y asegurar la calidad alimentaria (Ojha et al., 2021; Ros-Baró et al., 2022). La introducción de insectos comestibles ofrece alternativas, con alto valor nutricional y potencial beneficio para la salud (Gałęcki et al., 2023; Hlongwane et al., 2020; Kemsawasd et al., 2022). Promoviendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuesto por las Naciones Unidas, con soluciones sostenibles que disminuyen el impacto ambiental (Imathiu, 2020; Moruzzo et al., 2021; Wade & Hoelle, 2020).

El éxito de la entomofagia depende de la aceptación al consumo de insectos como en países desarrollados donde su consumo resulta poco habitual (Bermúdez-Serrano et al., 2023; Torres-Castillo & Olazarán-Santibáñez, 2023). Por lo que promover la innovación, con estrategias de comercialización efectiva, son clave para su adopción (Selaledi et al., 2021). Sosteniendo la

adopción de medidas legales adecuadas de control de calidad en la cría y comercialización (Selaledi et al., 2021), que fomenten la producción de alimentos sostenibles con potencial terapéutico. El objetivo de este artículo fue proporcionar información sobre el potencial de los insectos comestibles como una fuente nutritiva y funcional, su impacto en la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental.

## **Insectos Comestibles**

En términos taxonómicos, son miembros del filo de los artrópodos (subfilo Hexapoda), caracterizado por tener seis patas, un par de antenas y una triple segmentación corporal (cabeza, tórax y abdomen), representantes de la clase Insecta (Grabowski et al., 2022). Son el grupo animal más exitoso en términos de biomasa total, con altas tasas reproductivas y ocupan un 85 % de la fauna mundial (Pulido et al., 2020; Soto et al., 2022).

En ciertos países, los consideran como ectoparásitos y plagas, y desde otras perspectivas, son valorados como una fuente de alimento y como parte de la medicina tradicional, tanto para la producción de vacunas como para la obtención de preparados proteicos (Gałęcki et al., 2023; Quah et al., 2023).

Existen más de 5,5 millones de especies identificadas, (Teixeira et al., 2023), mientras que solo 2,000 especies son consideradas aptas para consumo humano y animal (Ordoñez-Araque et al., 2022). Clasificadas como animales de granja, siendo las abejas antes los únicos insectos en esta categoría (Żuk-Gołaszewska et al., 2022). Su consumo tiene origen hace 7,000 años, y se han documentado más de 2,300 especies de insectos comestibles de 18 órdenes, distribuidas en regiones como Asia, Oceanía, África y América (Imathiu, 2020; Qian et al., 2022). Estudios respaldan que uno de cada tres habitantes del planeta, practican la entomofagia (Avendaño et al., 2020).

Para la (FAO), es adecuado el consumo de insectos como nuevas fuentes de proteínas sostenibles, como estrategia para reducir el uso de recursos naturales (Kemsawasd et al., 2022; Ros-Baró et al., 2022; Pan et al., 2022). Los de mayor consumo son: coleópteros (escarabajos) con un 31 %, lepidópteros (orugas, mariposas, polillas) con un 17 %, himenópteros (hormigas, abejas, avispas) con un 15 %, ortópteros (saltamontes, grillos, langostas) con un 13 %, hemípteros (cigarras, hormigas melíferas, pulgones) con un 11 %, odonatos (libélulas) con un 3 %, isópteras (termitas) con un 3 %, dípteros (moscas) con un 2 %, blátidas (cucarachas) con un 2 %, y otras especies con un 3 % (El Hajj et al., 2022; Ordoñez-Araque et al., 2022).

Los insectos están siendo considerados como "ganado en miniatura", atrayendo la atención de científicos, economistas y ecologistas como una alternativa nutritiva, eficiente y económica para la alimentación humana y animal (Baigts-Allende & Stathopoulos, 2023; Lange & Nakamura, 2021; Soto et al., 2022). Un informe de RABO Bank proyectó un notable incremento en la demanda de proteínas de insectos (van Huis, 2022). Se anticipa que el mercado de insectos comestibles crecerá 1,2 millones de toneladas en 2025 (Gałęcki et al., 2023). Esto representaría cerca de 260,000 toneladas de productos alimenticios derivados de insectos, con una facturación estimada en 2,000 millones de euros y alcanzando un mercado de 390 millones de consumidores (Mina et al., 2023).

### **Insectos comestibles aliados de la sostenibilidad ambiental**

Según la (ONU) la sostenibilidad se ha establecido como una prioridad global (Grabowski et al., 2022), reconociendo que los actuales sistemas alimentarios de industrias ganaderas, contribuyen a la crisis climática (Wade & Hoelle, 2020). Un sistema alimentario sostenible asegura la disponibilidad de alimentos y nutrición adecuada para todos, respetando fundamentos ambientales, económicos y sociales (Guiné et al., 2021). Los insectos son una opción innovadora y viable para combatir el hambre y abordar el cambio climático a escala mundial, como se indica en el Cuadro 1. (Grabowski et al., 2022; Olivadese & Dindo, 2023). Son una de las fuentes de proteína animal más ecoeficientes, por su reducida huella de carbono e hídrica (López-Martínez et al., 2022).

#### **Cuadro 1.** Ventajas sostenibles de los insectos como alimento comparado con el ganado tradicional

*Table 1: Sustainable advantages of insects as food compared to traditional livestock*

<b>Aspecto</b>	<b>Insectos</b>	<b>Ganado Tradicional</b>	<b>Referencia</b>
Uso de Tierra	Una hectárea para producir gusanos de harina (Tenebrio molitor, Z. morio, Alphitobius diaperinus)	Equivale a 2 – 3,5 hectáreas para cerdos o pollos y 10 hectáreas para ganado vacuno, para producir la misma cantidad de proteína	Bermúdez-Serrano et al. (2023); Florença et al., (2022)
Consumo de Agua	Grillos requieren 2,000 veces menos agua que el ganado vacuno	2,000 veces más agua, para la criar al ganado convencional	Olivadese & Dindo, (2023)

Índice de conversión alimentaria	Por cada 2kg de alimento, incrementan 1 kg de peso de grillo.	Se necesitan 10 kg de alimento para el ganado vacuno, 5 kg para el cerdo, y 2.5 kg para el pollo, para que incrementen 1 kg de peso.	Urcola, (2023) Florença et al., (2022) Lee et al., (2021)
Porcentaje de masa comestible	Han alcanzado hasta el 80%.	Solo se aprovecha el 55% del pollo, el 70% del cerdo y el 40% para ganado vacuno	Moruzzo et al., (2021)
Índice de eficiencia proteica	Grillos muestran valores de 154 g/kg para ninfas y 205 g/kg para adultos.	Carne de res 190 g/kg, cerdo 150 g/kg y aves 200 g/kg, de proteína por kg de masa comestible.	Guiné et al., (2021)

Su impacto ambiental resulta eficaz en comparación al uso tradicional de la tierra (Bermúdez-Serrano et al., 2023), puesto que la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y amoníaco es menor en comparación con el ganado convencional; se destaca el rol polinizador, fertilidad del suelo y control natural de plagas. (van Huis et al., 2021). Su consumo resulta una solución alternativa para el crecimiento poblacional. (Torres-Castillo & Olazarán-Santibáñez, 2023). Su crianza a través de reutilización de alimentos y residuos orgánicos, reintegra nutrientes a la cadena alimentaria a través de piensos ricos en proteínas, sin afectar la productividad económica y calidad alimentaria (Aidoo et al., 2023; El Hajj et al., 2022; Moruzzo et al., 2021). Promoviendo la transformar desechos de alimentos, como granos de producción de cerveza, cáscaras en biomasa y excremento como abono (Aidoo et al., 2023).

## Metodología

Estudio de tipo descriptivo de revisión bibliográfica sistemática en bases de datos científicas, mediante operadores booleanos and, or, not; publicados en el rango de tiempo 2019 al 2024. Las bases de datos consultadas fueron: Pubmed, Google Scholar, Web of Science, Research Gate, se revisaron trabajos en inglés y español. Bajos los criterios de inclusión: temporalidad, temática, artículos de revisión, metaanálisis, estudios cualitativos o cuantitativos, como criterios de

exclusión: artículos no específicos, monografías, tesis, artículos atemporales, artículos que no hayan pasado por una revisión por pares.

En su elaboración se utilizó el modelo PRISMA, permitiendo evaluar las bases de datos para este tipo de estudio.

Los criterios de inclusión fueron: periodo comprendido en los últimos 5 años, temática, fiabilidad, revisiones sistemáticas. metaanálisis, estudios cualitativos y cuantitativos.

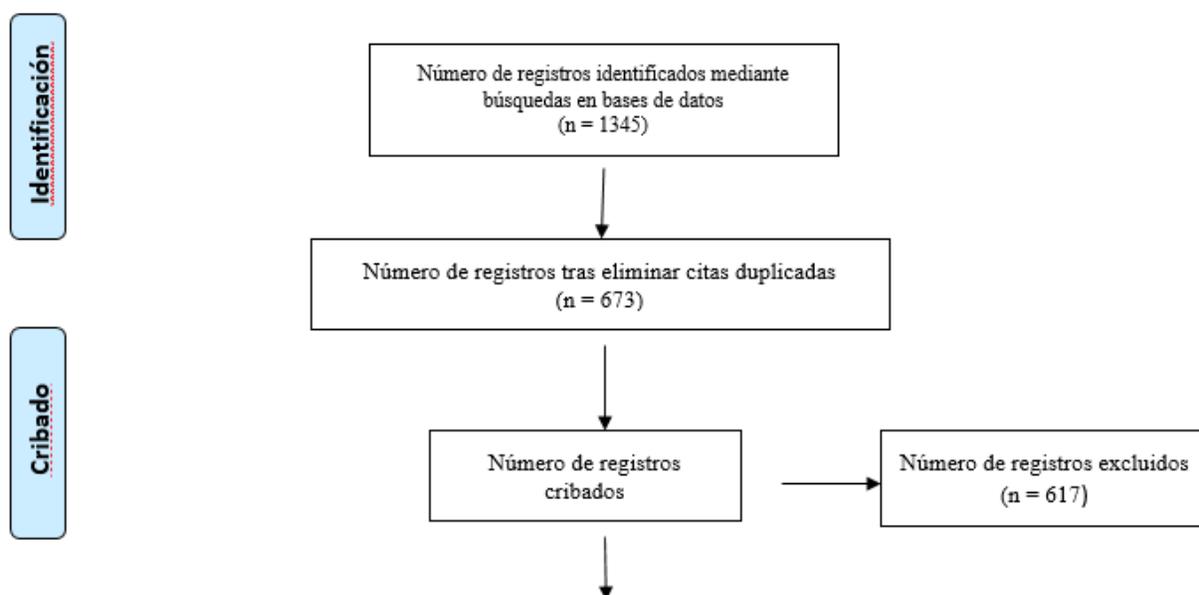
Los criterios de exclusión fueron: revistas sin indexación, fuera de la temática, temporalidad, con bajo grado de evidencia.

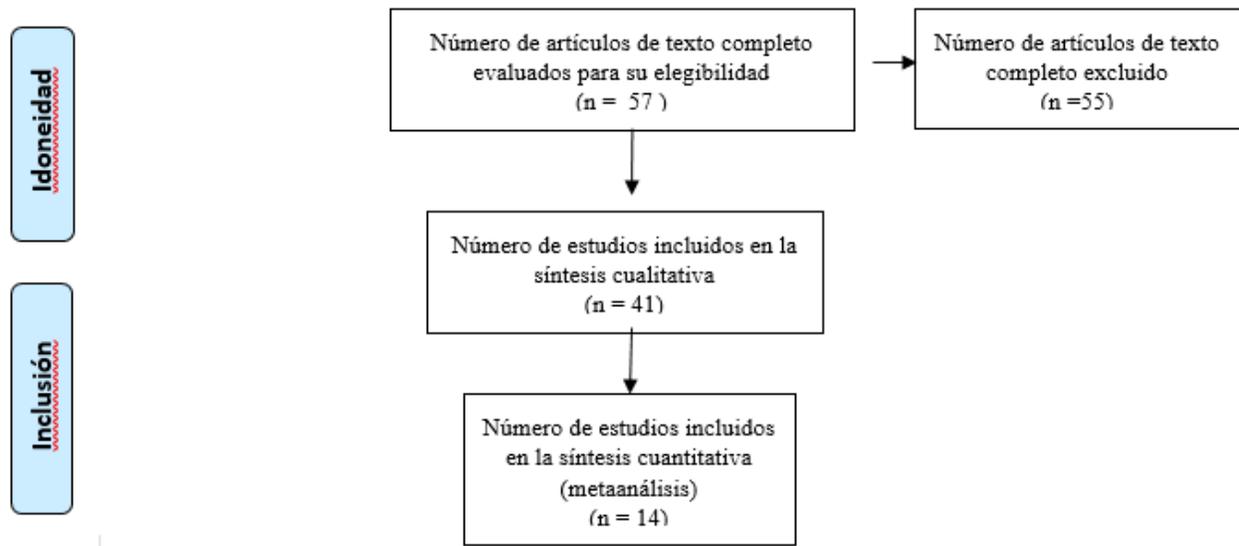
### Búsqueda inicial de la información

La investigación inicial se desarrolló en el mes de febrero, con la formula (((Edible insects) AND (Insects as food)) OR (Mealworm)) NOT (Food Industry))). Distribuidos por base de datos, Google Scholar 12; Pubmed 7; Web of science 35; Research Gate 1.

Son un total de 1345 resultados de estos se eliminan 673 por duplicados en bases de datos o motores de búsqueda. Tras el análisis del resumen y el contenido del artículo se resuelve solo 672 documentos y de estos solo cumplen los criterios de inclusión 55 que fueron considerados para el análisis de esta revisión.

Figura 1: Gráfico Prisma de la investigación





## Resultados

### Propiedades nutricionales de los insectos comestibles

En la conferencia "Insectos para alimentar al mundo", organizada por la (FAO) en 2014 y 2018, se concluyó que los insectos constituyen una fuente sólida y equilibrada de energía, proteínas, ácidos grasos esenciales, microelementos y otros compuestos bioactivos, considerándose potencialmente aptos para consumo humano y animal. (Pan et al., 2022; Qian et al., 2022; Selaledi et al., 2021). Aunque su composición nutricional presenta desafíos, sus perfiles nutricionales son equiparables a la carne (Aidoo et al., 2023; Stull, 2021). La calidad nutricional varía de factores: intrínsecos (especie y fase de desarrollo), extrínsecos (alimentación, crianza, entorno y flora consumida) (Baigts-Allende & Stathopoulos, 2023); y factores ambientales como el fotoperíodo, la luminosidad, la humedad y la temperatura (Lange & Nakamura, 2021).

A pesar de las dudas sobre la confiabilidad de los datos nutricionales de varios insectos comestibles, no se ha demostrado que los insectos sean menos saludables que la carne (van Huis & Rumpold, 2023). Según el Índice de Calidad Nutricional (INQ), todos los insectos aptos para el consumo humano son una valiosa fuente de nutrientes. Debido a su rápida maduración, los insectos presentan valores nutricionales superiores a las de fuentes convencionales de proteínas. Por ello, se considera una opción alimentaria fascinante para incorporar en la dieta (Pulido et al., 2020; Urcola, 2023). Posteriormente se explicarán algunos de los principales nutrientes que presentan los insectos:

## Contenido de proteínas

La proteína es el componente nutricional principal en los insectos, esencial para la formación del tejido muscular al proveer nitrógeno y aminoácidos (Ros-Baró et al., 2022). En la mayoría de los insectos, el contenido proteico varía entre el 35 % y 60 % del peso seco, o entre el 10 % y 25 % del peso fresco, cifras superiores a las de los cereales y legumbres (Zhou et al., 2022). En particular, los ortópteros (langostas, grillos y saltamontes) tienen un contenido proteico incluso mayor que el de la carne de cabra, pollo o cerdo (Urcola, 2023). Convirtiéndose en una alternativa valiosa desde el punto de vista nutricional en la dieta humana (Imathiu, 2020; van Huis & Rumpold, 2023).

La proteína está compuesta por más de 20 aminoácidos, ocho son esenciales y deben ser incorporados por la dieta (Zhou et al., 2022). La mayoría de insectos contienen todos los aminoácidos esenciales entre el 46 % y 96 %, con evidencia de niveles bajos de metionina y triptófano en ciertas especies (Ordoñez-Araque et al., 2022). La mayoría de los insectos exceden las recomendaciones de la (OMS) en cuanto a la presencia de aminoácidos (BCAA) esenciales y de cadena ramificada. (Abril et al., 2022). La leucina tiene un contenido elevado en varios grupos de insectos como Coleoptera (74,2 mg/g de proteína), Hymenoptera (78,4 mg/g de proteína), Isoptera (57,4 mg/g de proteína) y Orthoptera (74,8 mg/g de proteína), en comparación con la soja (63 mg/g de proteína) (Abril et al., 2022; López-Martínez et al., 2022).

La digestibilidad de las proteínas de insectos, sobre todo tras la eliminación del exoesqueleto, varía entre el 77 % y 98 % (Gumul et al., 2023), con evidencia en la puntuación de aminoácidos esenciales 0,91 en el *Gryllus assimilis*. Estudios marcan hipótesis acerca del valor biológico en insectos superior al de las fuentes vegetales (Imathiu, 2020; Krongdang et al., 2023). Su contenido de proteína se calcula con el método Kjeldahl, se multiplica el contenido de nitrógeno por el factor de conversión estándar de 6,25. Tomando en cuenta la sobreestimación por presencia de quitina, rica en nitrógeno (van Huis et al., 2021). Estudios evalúan conversión en larvas de *T. molitor*, *A. domesticus* y *L. migratoria*, todos con estándar cercano a lo sugerido, defendiendo el postulado acerca del contenido proteico elevado en los insectos (Toti et al., 2020; van Huis et al., 2021).

## Contenido de lípidos

Los lípidos representan el segundo componente más abundante en los insectos (van Huis et al., 2021), esenciales como fuente de energía, facilitadores de la actividad metabólica (Lee et al.,

2021). El contenido varía entre el 10 % y 50 % en base seca, dependiendo del desarrollo de la especie, la dieta y el entorno (Ordoñez-Araque et al., 2022). Su contenido incluye un 80 % de ácidos grasos, junto con fosfolípidos y esteroides, siendo el colesterol el más predominante. Los Ortópteros muestran un promedio de contenido graso del 13,41 %; los Lepidoptera, del 27,66 %; las Blattodea, del 29,90 %; los Isoptera, del 32,74 %; y los Coleoptera, del 33,40 % en peso seco (Ojha et al., 2021).

Los ácidos grasos saturados predominantes son el ácido esteárico y el ácido palmítico, en abejas, hormigas y avispas, pueden contener hasta un 42 %; los ácidos grasos monoinsaturados más destacados está el ácido palmitoleico y el ácido oleico en un 20 % al 35 % en todas las especies; ácidos grasos poliinsaturados están: ácido linoleico, el ácido  $\alpha$ -linolénico y el ácido  $\gamma$ -linolénico, tienen un promedio del 16 % para las moscas y un 39 % para las orugas de mariposas y polillas (van Huis et al., 2021). Algunas especies de los órdenes Lepidoptera, Isoptera, Hymenoptera y Orthoptera tienen una concentración más alta de ácidos grasos poliinsaturados que el promedio común por consumo de fuentes animales. (Ordoñez-Araque et al., 2022; Pulido et al., 2020; van Huis et al., 2021); y otras muestran contenidos de ácido láurico como: mosca soldado negra (*H. illucens*).

Es crucial considerar el estado de desarrollo del insecto al analizar su contenido de grasa, las larvas y pupas tienden a acumular más grasa que los insectos adultos (Ojha et al., 2021). Por ejemplo, el escarabajo *Rhynchophorus palmarum* L., conocido como chontacuro en Sudamérica, puede tener entre un 35 % y un 65 % de grasa en estado larvario, predominando sobre la proteína. Sin embargo, estos valores se invierten al alcanzar la adultez (Ordoñez-Araque et al., 2022). Además, investigaciones indican que las hembras de todas las especies suelen tener un mayor contenido de grasa que los machos (Zhou et al., 2022).

### **Contenido de micronutrientes**

El contenido de micronutrientes resulta indispensable para el correcto funcionamiento de los sistemas hormonal, neuromuscular y reproductivo (Lee et al., 2021; Mabelebele et al., 2023). Diversas especies de insectos, contienen altos niveles de minerales como calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, selenio y zinc, así como vitaminas como riboflavina, ácido pantoténico, biotina y, en ocasiones, ácido fólico (Ordoñez-Araque et al., 2022). Aunque las vitaminas y minerales son comunes en los insectos, no se sintetizan en ellos, sino que se adquieren a través de

la dieta o modificando sus ambientes, por ejemplo, los niveles de vitamina D en *Acheta domesticus* y *Tenebrio molitor* pueden incrementarse mediante exposición a irradiación ultravioleta baja (van Huis, 2022; Zhou et al., 2022).

La evidencia muestra diversas vitaminas en insectos, algunos ejemplos son: A, D2, D3, C, E, K, B1, B2, B3, B5, B6, B12 y B9, en particular en los órdenes Orthoptera y Coleoptera (Illa et al., 2022; Zhou et al., 2022). Con mayor concentración de tiamina en un rango de 0,1 - 7,7 mg por materia seca y riboflavina de 0,11 - 8,9 mg por materia seca. Además, se ha encontrado vitamina B12 en larvas de *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus* y escarabajos buceadores (*Dytiscus marginalis*) con concentraciones de 0,47 - 5,4 y 89,5 µg/100 g de peso seco, respectivamente (Ordoñez-Araque et al., 2022; Zhou et al., 2022). Se debate el contenido de vitamina A, que contrapone a insectos criados comercialmente con altos niveles de carotenoides (Toti et al., 2020). En cuanto a minerales, los insectos presentan elevadas cantidades de: potasio, calcio, hierro, magnesio y selenio, cubriendo significativamente los requerimientos diarios humanos, sobre todo en cuanto al hierro (Krongdang et al., 2023), con concentraciones mayores a proteínas de origen animal. Por ejemplo, 100 g de orugas aportan 335 % del aporte mínimo recomendado de hierro (Illa et al., 2022). Su contenido de hierro supera incluso a fuentes de proteína vegetal por la forma de aminoquelatos, con mayor biodisponibilidad (Bermúdez-Serrano et al., 2023). Los grillos y langostas son ricos en magnesio, y el polvo de grillo presenta niveles elevados de magnesio, cobre, zinc y hierro (Krongdang et al., 2023). Las bajas concentraciones de sodio hacen que los insectos comestibles sean adecuados para dietas bajas en este mineral (Lange & Nakamura, 2021).

Las larvas de insectos son ricas en zinc, con un contenido de 98 mg/100 g. Estudios recientes indican que el grillo *Acheta domesticus* contiene 29,7 mg/100 g de zinc, mientras que la mosca *Musca domestica* posee 85,8 mg/100 g; valores superiores a los encontrados en la carne de vacuno que contiene 12,5 mg/100 g (Toti et al., 2020). El contenido de hierro en los insectos supera al de las fuentes de proteína vegetal y se presume que está en forma de aminoquelatos, una forma más biodisponible para los humanos que en las fuentes tradicionales de proteína animal (Bermúdez-Serrano et al., 2023), estudios muestran que los saltamontes poseen entre 8 y 20 mg/100 g de hierro, mientras que la carne de res contiene solo 6 mg/100 g.

## Contenido de carbohidratos

Respecto al contenido de carbohidratos, resultan bajos, destacados por su fibra dietética (Illa et al., 2022; Urcola, 2023), el macronutriente está en forma de quitina y glucógeno. La quitina es esencial para el exoesqueleto, actuando de manera similar a la celulosa en el cuerpo al no ser digeridos, lo que les confiere el nombre de "fibra animal" (Ordoñez-Araque et al., 2022); mientras que el glucógeno actúa como reserva de energía en células y tejidos musculares (Illa et al., 2022). Su contenido varía entre el 6,71 % - 15,98 %, que depende de la especie, el ambiente y su etapa de desarrollo (Illa et al., 2022; Ordoñez-Araque et al., 2022). El contenido de quitina en la superficie corporal de los insectos puede alcanzar hasta el 18 % (Qian et al., 2022).

El potencial terapéutico está en la quitina, promoviendo el crecimiento selectivo de bacterias beneficiosas en los intestinos, como prebiótico modulador del microbiota intestinal (van Huis, 2022). Exhibe una dualidad, en actividades antimicrobianas, inmunológicas y antitumorales, que puede desencadenar o reducir reacciones alérgicas. Se debate la enzima por su presencia activa en el tracto gástrico humano en dietas con insectos de manera regular (Ordoñez-Araque et al., 2022; van Huis, 2022). La presencia de fibra se evalúa en especies como: la langosta migratoria africana (*Locusta migratoria*), con un 27 %. Mientras, en escarabajos, grillos y abejas, la quitina representa un valor inferior del 9 % (Ordoñez-Araque et al., 2022). Para obtener proteína de calidad, es necesario eliminar la quitina, por ejemplo, mediante el proceso de liofilización (Urcola, 2023).

## Propiedades funcionales de los insectos comestibles

Los propósitos medicinales en los insectos tienen origen en la antigüedad, siendo sostenibles y nutricionales (Krongdang et al., 2023). La entomoterapia ha sido reconocida como el uso de insectos y sus productos con fines terapéuticos (Siddiqui et al., 2023). Además, en la investigación científica actual, se consideran una fuente valiosa para el desarrollo de nuevos fármacos, por su gama diversa de beneficios para la salud (Acosta-Estrada et al., 2021; Gumul et al., 2023; Qian et al., 2022); por sus compuestos bioactivos con propiedades antidiabéticas, antihipertensivas, antiobesidad, inmunomoduladoras, antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas, reguladoras de la flora intestinal, antimicrobianas, analgésicas, antitrombóticas e inhibidoras de la lipasa pancreática, entre otras funciones (Siddiqui et al., 2023; Teixeira et al., 2023; Zhou et al., 2022).

Estas características bioactivas han sido estudiadas tanto *in vitro* como *in vivo*, evaluando diversas especies, ya sea en forma de extractos integrales o de compuestos aislados (Aguilar-Toalá et al., 2022). Por lo que los gusanos amarillos de la harina (*Tenebrio molitor*) y los grillos (*Acheta domesticus*) han sido identificados como las especies más prometedoras para su explotación industrial y producción a gran escala (Aguilar-Toalá et al., 2022; van Huis et al., 2021). La amplia gama de beneficios para la salud debe ser investigada a fondo (Stull, 2021); se han descubierto extractos y productos naturales de interés científico, como: quitina/quitosano, péptidos antimicrobianos y bioactivos, ácidos grasos específicos, compuestos fenólicos, tocoferoles, fitoesteroles, interferón, hormonas atrayentes sexuales, cordicepina, polisacáridos activos, microelementos, material esteroide y lecitina (Gumul et al., 2023; Qian et al., 2022; Soto et al., 2022; van Huis, 2022).

Actualmente, se han documentado propiedades medicinales en alrededor de 1000 especies de insectos. El orden Hymenoptera contiene el mayor número de insectos medicinales (62 especies), seguido por Coleoptera (47), Orthoptera (28), Lepidoptera (23) y Blattodea (21) (Siddiqui et al., 2023). Estos insectos constituyen una nueva generación de reguladores bioactivos con actividades hormonales o farmacológicas, eficaces en concentraciones bajas para el tratamiento de enfermedades crónicas (Quah et al., 2023). Con el creciente interés en la medicina preventiva y el concepto de "alimento como medicina", los insectos han sido reconocidos en algunos países como fuentes de alimento nutracéutico (Siddiqui et al., 2023).

### **Propiedades antioxidantes**

El exceso de oxidación genera radicales libres causantes de disfunciones celulares y envejecimiento prematuro, lo que requiere agentes y enzimas antioxidantes (Kemsawasd et al., 2022; Urcola, 2023). Su actividad antioxidante está presente en componentes de insectos comestibles, hidrolizados enzimáticos, péptidos, extractos acuosos y de solventes orgánicos, y quitosano de larvas de gusanos de seda (*Bombyx mori*) (Lee et al., 2021), respaldado con investigaciones *in vitro* han revelado la actividad antioxidante de compuestos polifenólicos de extractos de gusanos de la harina (*Tenebrio molitor*), escarabajos abejorros negros oscuros (*Holotrichia paralela*) y grillo doméstico (*Acheta domesticus*) (Aguilar-Toalá et al., 2022; Aiello et al., 2023), junto con la capacidad para descomponer peróxidos, neutralizar radicales libres y unirse a iones metálicos, dependiendo de su estructura molecular (Aiello et al., 2023).

Un estudio en ratones mostró que el té de insectos aumentó la actividad antioxidante y redujo el óxido nítrico y malonaldehído comparado con un grupo control. Enzimas de insectos como superóxido dismutasa y peroxidasa, y antioxidantes no enzimáticos como ácido ascórbico y caroteno, también eliminan radicales libres (Aiello et al., 2023; Qian et al., 2022). Extractos solubles de saltamontes (*Sphenarium purpurascens*), gusanos de seda (*Bombyx mori*) y grillos (*Acheta domesticus*) tienen cinco veces mayor actividad antioxidante que el jugo de naranja fresco. El extracto acuoso del Avispón Bandeado Menor (*Vespa affinis*) aumenta la actividad de enzimas antioxidantes como la catalasa y el glutatión S-transferasa (Aguilar-Toalá et al., 2022; D'Antonio et al., 2021). Los insectos evaluados tanto en ensayos in vitro garantizan el potencial antioxidante en condiciones de estrés como obesidad, dieta alta en grasas, enfermedad hepática inducida por alcohol o exposición a radiación ultravioleta (D'Antonio et al., 2023; Urcola, 2023).

### **Propiedades anticancerígenas**

Las sustancias funcionales extraídas resaltan un área de investigación clave (Zhou et al., 2022). Péptidos y polisacáridos antimicrobianos en estos insectos fortalecen el sistema inmunológico e inhiben la proliferación de células tumorales (Qian et al., 2022). Estudios in vivo e in vitro muestran componentes activos que pueden suprimir el crecimiento de cáncer en órganos como: hígado, estómago, colon, pulmón, mama, piel y esófago (Zhou et al., 2022). Las proteínas y sus hidrolizados derivados de pupas de gusanos de seda (*Bombyx mori*), combinados con quimioterapéuticos, inhiben la proliferación de células Eca109 mediante la inducción de apoptosis, detención del ciclo celular y afectación de la función mitocondrial y el metabolismo energético de las células cancerosas (Qian et al., 2022; Zhou et al., 2022), especialmente en el tratamientos de cáncer gástrico (Acosta-Estrada et al., 2021).

La cantaridina, presente en escarabajos ampolla (*Epicauta pensylvanica*) y gusanos de seda (*Bombyx mori*), inhibe la adhesión, migración e invasión celular, induciendo apoptosis y antiproliferación celular a través de la regulación de vías como Akt, MAPK y PKC (Qian et al., 2022; Siddiqui et al., 2023). Las larvas de polilla (*Hepialidae*) producen *Cordyceps sinensis*, conocido por inhibir la división celular y el metabolismo de ácidos nucleicos, y se utiliza en el tratamiento de cánceres como hígado, osteocarcinoma, esófago y próstata (Qian et al., 2022). El interferón, una proteína encontrada en insectos como *Termitidae*, *Rhinotermitidae*, *Formicidae* y pupas de *Saturniidae*, inhibe tumores al prevenir la síntesis viral y eliminar células cancerosas de

útero, mama y esófago. Se incluye microelementos como el selenio, que neutraliza radicales libres y previene la división de células cancerosas (Qian et al., 2022).

### **Propiedades en el control de peso**

El polvo de larvas del *Tenebrio molitor* ha demostrado efectos antiobesidad in vivo en modelos de ratones obesos inducidos por dietas ricas en grasas. El extracto etanólico de este insecto reduce la acumulación de lípidos y triglicéridos hasta en un 90 % (Aguilar-Toalá et al., 2022; Urcola, 2023). Inhiben la adipogénesis activando las vías de señalización de la proteína quinasa activada por AMP y la proteína quinasa activada por mitógenos en adipocitos 3T3-L1, reduciendo el peso corporal y la expresión de genes específicos de adipocitos (Lee et al., 2021). Se ha demostrado que ratas tratadas con glicosaminoglicano del grillo (*Gryllus bimaculatus*) en dosis de 5 y 10 mg/kg, durante un mes mostraron una reducción de grasa abdominal, tejido adiposo y grasa epididimaria (Kemsawasd et al., 2022).

Larvas de *Allomyrina dichotoma* administradas a ratones con dietas ricas en grasas previnieron el aumento de peso corporal, reduciéndolo en un 22.4 % en comparación con ratones alimentados solo con una dieta alta en grasas (Acosta-Estrada et al., 2021). Estudios en animales asocian el consumo de insectos comestibles con disminuciones en la acumulación de lípidos hepáticos, niveles séricos de TNF-1, triglicéridos, colesterol total y biomarcadores inflamatorios plasmáticos (ALT, AST, ALP), además de mejorar la presión arterial y aumentar la hemoglobina plasmática (Ros-Baró et al., 2022).

### **Propiedades en el metabolismo de la glucosa**

La diabetes mellitus, una afección caracterizada por la deficiencia de insulina que resulta eleva los niveles de glucosa en la sangre (Kemsawasd et al., 2022), es objeto de estudio de diversas sustancias hipoglucemiantes en insectos y sus subproductos, incluyendo proteínas, péptidos, ácidos grasos insaturados, polisacáridos, alcaloides, flavonoides, epicatequina y p-cumárico en propóleos hallados en la abeja europea (*Apis mellifera*), así como la fibroína del gusano de seda (*Bombyx mori*), que facilita la conversión de glucógeno (Qian et al., 2022; Siddiqui et al., 2023; Zhou et al., 2022).

Insectos comestibles como la mosca doméstica (*Musca domestica*), el escarabajo (*Alphitobius diaperinus*) y el grillo (*Gryllus sigillatus*) exhiben actividad antidiabética mediante la inhibición de

la dipeptidil peptidasa IV, responsable de regular la secreción de insulina y la glucemia (Acosta-Estrada et al., 2021). En China, existen cápsulas con (Formicidae), ñame, sésamo negro y semillas de azufaifa fritas para estabilizar los niveles de azúcar en sangre (Qian et al., 2022), y estudios en ratas, demuestran mejoras en la resistencia a la insulina por incorporación del 8 % de polvo de grillo. (Cunha et al., 2023).

### **Propiedades en el metabolismo de lípidos**

Péptidos de insectos surgen como potenciales tratamientos para diabetes y obesidad. Componentes del *Allomyrina dichotoma*, larvas de *Tenebrio molitor*, quitooligosacáridos de *Clanis bilineata*, glucosaminoglicanos de *Gryllus bimaculatus* y polipéptidos *Bombyx mori* modulan el metabolismo lipídico, contrarrestando la obesidad (Zhou et al., 2022), que actúan mediante la regulación del metabolismo energético, activación de la vía AMPK/mTOR y la regulación del metabolismo del colesterol (Siddiqui et al., 2023). El quitosano de la quitina de *Acheta domesticus*, *Grylloides sigillatus* y larvas de *Tenebrio molitor* reduce la presión arterial, los lípidos en sangre, promueve el metabolismo del colesterol y tiene actividad antimicrobiana (Aguilar-Toalá et al., 2022; Qian et al., 2022)

En un estudio se administró 3000 mg/kg/día de larvas de *Acheta domesticus*, en ratones sometidos a dietas altas en grasas, observándose la reducción de los niveles de leptina sérica y triglicéridos (Acosta-Estrada et al., 2021). En un modelo de rata Wistar con hipercolesterolemia, el extracto liposoluble de gusanos de seda (*Bombyx mori*) redujo los niveles séricos de colesterol total y LDL. En otro estudio, la inclusión de polvo de grillos (*Grylloides sigillatus*) en la dieta de ratones desnutridos incrementó el peso corporal y disminuyó los triglicéridos séricos (Aguilar-Toalá et al., 2022). Los insectos comestibles modulan de manera positiva el metabolismo de lípidos y la acumulación de grasa en modelos animales y celulares (D'Antonio et al., 2023).

### **Propiedades antiinflamatorias**

Se han identificado componentes antiinflamatorios en insectos comestibles (Kemsawasd et al., 2022; Zhou et al., 2022), como: péptidos hidrolizados de varios insectos que inhiben enzimas inflamatorias, lipoxigenasa y ciclooxigenasa (Cunha et al., 2023; Zhou et al., 2022) Además

estudios respaldan que los glucosaminoglicanos de ciertos insectos modulan citoquinas proinflamatorias y mejoran la artritis crónica en ratas (Zhou et al., 2022).

Por otro lado, la melitina del veneno de abeja, es prometedora en el tratamiento de inflamaciones asociadas a esclerosis múltiple y artritis reumatoide. La apiterapia, que usa productos de la colmena, propóleo y la jalea real, ha mostrado eficacia en enfermedades como el Parkinson (Siddiqui et al., 2023). Por último, la quitina de los insectos, exhibe propiedades antiinflamatorias al modular la liberación de interleucina (IL)-10. (Cunha et al., 2023).

### **Propiedades hipotensoras**

La enzima convertidora de angiotensina (ECA) crucial en el desarrollo de hipertensión arterial (Quah et al., 2023; Zhou et al., 2022), motiva al estudio de péptidos inhibidores de la ECA, junto con la quitina y quitosano, en insectos comestibles como: *Gryllodes sigillatus*, *Tenebrio molitor* y otros. (Siddiqui et al., 2023; Qian et al., 2022). También se analizan los hidrolizados de proteínas de grillos con efectividad en la reducción de la presión arterial, esclerodermia y migrañas (Acosta-Estrada et al., 2021). El consumo de proteína de pupas de *Bombyx mori* tiene potencial antioxidante, para prevenir enfermedades cardiovasculares (Pan et al., 2022; Zhou et al., 2022). Por lo que se respalda que una dieta enriquecida con *Tenebrio molitor* junto con el fármaco Captopril reduce significativamente la presión arterial sistólica en ratones SHR (Ros-Baró et al., 2022).

### **Propiedades inmunomoduladores**

La mayoría de los insectos tienen alta concentración de proteínas, y ciertos péptidos activos generados durante la descomposición de las proteínas que exhiben propiedades inmunomoduladoras. Por ejemplo, un nuevo péptido activo con la secuencia de aminoácidos Asp-His-Ala-Val en larvas de *Bombyx mori* estimula la producción de proteínas del sistema inmunitario (Zhou et al., 2022). Los péptidos de larvas de *Apis mellifera* muestran actividades biológicas que regulan el sistema inmunitario y contrarrestan el envejecimiento (Qian et al., 2022). Los escarabajos ampolla contienen cantaridina, un inhibidor proteico que combate infecciones y dirige su acción solo a células infectadas, fortaleciendo la respuesta inmunológica (Siddiqui et al., 2023).

## **Propiedades antimicrobianas**

Los insectos son una valiosa fuente de péptidos antimicrobianos que muestran eficacia sin citotoxicidad, siendo prometedores en la lucha contra la resistencia bacteriana y el crecimiento de patógenos. Estos péptidos pueden actuar como agentes antimicrobianos individuales o en combinación, como alternativas a antibióticos tradicionales, estimuladores del sistema inmunológico o neutralizadores de endotoxinas (Quah et al., 2023; Torres-Castillo & Olazarán-Santibáñez, 2023). El quitosano extraído de la quitina de *Acheta domesticus* y *Grylloides sigillatus* tiene propiedades hipolipémicas y antimicrobianas. Ambos tipos de quitosano mostraron capacidad de inhibir el crecimiento de patógenos como *Escherichia coli* y *Listeria innocua* en un 80 % y 100 % (Aguilar-Toalá et al., 2022).

## **Efecto en la microbiota intestinal**

La diversidad del microbioma intestinal, está compuesta por una variada comunidad de microorganismos, que interactúan sobre todo con el sistema inmunológico y es esencial para la salud humana (Lee, 2021 – 11). El consumo diario de 25 g de polvo de grillo entero ha demostrado estimular el crecimiento de la bacteria probiótica *Bifidobacterium animalis*, aumentándolo 5,7 veces, mejorando la salud intestinal y reduciendo la inflamación sistémica (Adegboye, 2022; Ros-Baró et al., 2022) La quitina de los insectos y sus derivados también pueden reducir la proliferación de microorganismos patógenos en el intestino humano, como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* enteropatógena y *Vibrio cholera*, mientras fomentan el crecimiento de bacterias intestinales beneficiosas, como *Bifidobacterias* y *Lactobacillus* (Imathiu, 2020).

## **Insectos en la seguridad alimentaria**

La seguridad alimentaria, esencial para el bienestar humano, requiere garantizar acceso físico y económico a alimentos nutritivos (Abril et al., 2022; Aidoo et al., 2023). Sin embargo, alrededor de 3,800 millones de personas, aproximadamente dos tercios de la población mundial, residen en naciones con economías deprimidas y se enfrentan a la carestía alimentaria. A escala planetaria, cerca de 825 millones de individuos sufren de desnutrición crónica (Illa et al., 2022). La inseguridad alimentaria es una realidad urgente que requiere mejoras en los sistemas alimentarios globales y

estrategias de mitigación ante desafíos como el crecimiento poblacional, la producción y disponibilidad de alimentos, la gestión de recursos y los efectos medioambientales (Abril et al., 2022; Guiné et al., 2021; Imathiu, 2020; Kim et al., 2022).

El principal reto del siglo XXI es producir suficientes alimentos para una población en aumento, minimizando el impacto ambiental y conservando la salud de los ecosistemas (Guiné et al., 2021). Los insectos comestibles han ganado atención por su potencial en la seguridad alimentaria y nutricional (Imathiu, 2020). Desde el informe de la (FAO) en 2009, se ha demostrado que la producción a gran escala de insectos puede mitigar el hambre global y reducir la cría intensiva de animales (Guiné et al., 2021). Alrededor de 2,500 millones de personas en el mundo dependen de los insectos como fuente adicional de alimento, sobretodo en áreas rurales desfavorecidas de países en desarrollo (Aidoo et al., 2023; Imathiu, 2020).

El cultivo de insectos es una estrategia prometedora para combatir la pobreza, mejorando la autonomía y condiciones de vida y la estabilidad social de agricultores de pequeña escala y poblaciones vulnerables (Aidoo et al., 2023; Moruzzo et al., 2021; van Huis et al., 2021). La (ONU) respalda la entomofagia como solución para la escasez alimentaria, previendo que también generará empleo, innovación y aumentará la producción de alimentos (Gałęcki et al., 2023; Imathiu, 2020). Las dietas con insectos son prometedoras para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular en términos de acceso a alimentos nutritivos, para los grupos vulnerables y reducción del desperdicio alimentario (Abril et al., 2022; Imathiu, 2020; Moruzzo et al., 2021).

El potencial de los insectos como fuente alimenticia se enfoca sobretodo en comunidades con acceso limitado a proteínas de vertebrados de gran tamaño (Pulido et al., 2020). En áreas rurales con altos índices de pobreza, donde el ganado es crucial para la subsistencia y seguridad alimentaria, los insectos ofrecen una alternativa valiosa (Aidoo et al., 2023). Combatiendo la desnutrición, mejorando la deficiencia de micronutrientes, reduciendo la pobreza y cubriendo las necesidades proteicas diarias en dietas basadas en vegetales deficientes en ciertos aminoácidos esenciales, como se indica en el Cuadro 2. (Ordoñez-Araque et al., 2022; Ros-Baró et al., 2022; Selaledi et al., 2021).

**Cuadro 2.** Beneficios nutricionales del consumo de insectos en diversas regiones.

**Table 2:** *Nutritional benefits of insect consumption in various regions.*

<b>País/ Región</b>	<b>Insectos Consumidos</b>	<b>Beneficios Nutricionales</b>	<b>Referencia</b>
Sudáfrica	Gusanos mopane (Imbrasia Belina)	Fuente valiosa de proteínas para hogares rurales y urbanos.	Selaledi et al., (2021)
Angola y Papúa Nueva Guinea	Termitas (Macrotermes subhyalinus) y larvas del escarabajo (Rhynchophorus)	Enriquecimiento de la dieta que se basa en tubérculos, deficiente en lisina y leucina.	Ordoñez-Araque et al., (2022)
Kenia	5% de harina de polvo de grillo	Producción de mejoras en el estado nutricional comparable al de una papilla a base de leche.	Van Huis et al., (2021)
República Democrática del Congo	Mezcla equitativa 1:1 de granos de maíz y Larvas secas (Attacidae)	Reducción de la incidencia de anemia en infantes de 12 meses de edad.	Van Huis et al., (2021)
Nigeria	Grillos (Onjiri mammon) Y termitas (Oyala y Agoro)	Contienen niveles elevados de hierro y zinc; bajos en calcio, pero cubren las necesidades requeridas para una adecuada nutrición.	Zhou et al., (2022)

A la luz de los ejemplos mencionados, los insectos comestibles deben considerarse componentes esenciales de la sostenibilidad y la seguridad alimentaria para una población en crecimiento (Selaledi et al., 2021). La literatura evidencia que los alimentos complementarios enriquecidos con insectos para niños son seguros y bien aceptados, sobre todo en países con deficiencias de micronutrientes (Acosta-Estrada et al., 2021; Adegboye, 2022). El Tenebrio Molitor, Imbrasia Belina, Gryllidae y Cimex lectularius presentan niveles significativos de hierro, zinc, manganeso y cobre, esenciales para abordar la anemia, retraso en el crecimiento y complicaciones en el embarazo y reducir el riesgo de morbilidad y mortalidad (Aidoo et al., 2023; Mabelebele et al., 2023)

## **Políticas de comercialización de insectos comestibles**

Es imperativo establecer estándares de cultivo, almacenamiento y procesamiento para garantizar la calidad de los productos (Qian et al., 2022), la implementación de certificaciones apropiadas con las buenas prácticas de reproducción, higiene y producción (Żuk-Gołaszewska et al., 2022). En 2013, la FAO destacó la necesidad de revisar las prácticas contemporáneas de la ciencia de los insectos (Ros-Baró et al., 2022), por lo que se clasifican como nuevos alimentos e ingredientes alimentarios, sujetos al Parlamento Europeo y del Consejo (Cunha et al., 2023).

La Unión Europea autorizó la comercialización de cuatro especies de insectos como nuevos alimentos, incluyendo: grillo doméstico (*Acheta domesticus*), deshidratado, molido o congelado; gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), entero o en polvo; langosta migratoria (*Locusta migratoria*), congelada o deshidratada; y larvas de *Alphitobius diaperinus*, congeladas, deshidratadas o en polvo (Bermúdez-Serrano et al., 2023; Quintieri et al., 2023). En Estados Unidos la FDA, clasifica a los insectos como alimentos, estandarizando la producción, envasado, etiquetado, almacenamiento y transporte. Los insectos recolectados de la naturaleza no son aceptados para el consumo humano (Bermúdez-Serrano et al., 2023).

Sin un Codex Alimentarius, la Plataforma Internacional de Insectos para Alimentos y Piensos (IPIFF) promovió la adopción de regulaciones (Bermúdez-Serrano et al., 2023; Quintieri et al., 2023), con sistemas de calidad ISO 22,000 y HACCP, controlando la crianza y producto final, garantizando el control de calidad (Avendaño et al., 2020; Wade & Hoelle, 2020). La adopción de estas normas facilita la aceptación global de los insectos (Bermúdez, 2023-1). La EFSA ha requerido evaluaciones científicas de riesgos sobre el uso de insectos como alimento, con especial atención a la alergenidad, que sugiere etiquetar con la indicación: "Contiene alérgenos similares a los crustáceos" (Avendaño et al., 2020; Cunha et al., 2023).

## **Uso de los insectos comestibles**

De manera tradicional, los insectos se consumen de diversas maneras, ya sea crudos o procesados (cocidos, fritos, a la parrilla, tostados, ahumados, triturados, secos, encurtidos, molidos o extruidos), adaptándose a los gustos y preferencias dietéticas actuales (Meyer-Rochow et al., 2021; Olivadese & Dindo, 2023). La fermentación mejora la calidad de los productos, añadiendo

propiedades nutritivas, antimicrobianas y terapéuticas, extendiendo su período de conservación (Meyer-Rochow et al., 2021). Las alteraciones químicas o mecánicas pueden afectar la disponibilidad y actividad biológica de los nutrientes (Kim et al., 2022; Ojha et al., 2021).

Por ejemplo: técnicas como la salazón, el tostado y el secado aumentan los niveles de cobre, hierro y zinc. Asar, hervir, secar en horno y liofilizar saltamontes resulta en una mayor concentración de hierro, zinc, cobre y manganeso (Mabelebele et al., 2023). Su contenido proteico podría incrementarse en un 28 % tras 15 minutos de tratamiento con ultrasonido en muestras de harina (Zhou et al., 2022). La aprobación de la harina de grillo como componente alimentario por la Unión Europea marcó un hito para la industria alimentaria, ampliando su aceptabilidad y perspectivas de mercado (Olivadese & Dindo, 2023), dentro de las más investigadas provienen del *Acheta domesticus*, las larvas de *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor* (Avendaño et al., 2020); alternativas ricas en proteínas y libres de gluten en comparación con la harina convencional (Olivadese & Dindo, 2023).

En la última década, unas 133 empresas, sobretudo en Europa, Asia del Sur y América del Norte, han entrado en el mercado de productos alimenticios hechos con insectos para consumo humano (Avendaño et al., 2020). Agregar un 10 % de harina de insectos a la harina de trigo mejora la calidad del pan, aumentando cantidad de lisina del 40 % al 70 % y aminoácidos esenciales. Además, el polvo de grillo incrementar la capacidad antioxidante del pan sin gluten, presentando una concentración proteica hasta siete veces mayor que la del pan tradicional (Aiello et al., 2023; Pan et al., 2022; Urcola, 2023). Confirmando que representan prometedoras soluciones intrigantes para el sector alimentario (Aiello et al., 2023).

La elaboración de tortillas de maíz con la inclusión de *Tenebrio molitor* Linnaeus en polvo ha incrementado cerca del 2 % el contenido proteico, mientras que la introducción de *Pterophylla beltrani* en diversas proporciones ha potenciado la presencia de compuestos fenólicos y antioxidantes (Torres-Castillo & Olazarán-Santibáñez, 2023) Los antioxidantes presentes en estos insectos son resistentes al calor, lo que permite flexibilidad en la preparación de alimentos y su inclusión en la alimentación humana (Mabelebele et al., 2023; Torres-Castillo & Olazarán-Santibáñez, 2023). Por ejemplo, agregar *Schistocerca piceifrons*, *Tenebrio molitor* y *P. beltrani* a bebidas alcohólicas como tequila, ron, mezcal y ron resulta en un aumento considerable del contenido de compuestos fenólicos y antioxidantes (Torres-Castillo & Olazarán-Santibáñez, 2023).

## **Insectos comestibles como riesgo para el consumidor**

Existen numerosas inquietudes sobre la seguridad del consumo de insectos como alimento (Pan et al., 2022), vinculado a la producción y procesamiento (Bermúdez-Serrano et al., 2023). Según la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), los riesgos dependen de las prácticas de cría y procesamiento empleadas (Aguilar-Toalá et al., 2022), donde se han documentado informes que identifican posibles peligros, incluyendo aspectos químicos, biológicos, físicos y alergénicos (Pan et al., 2022). Entre los contaminantes están metales pesados como: mercurio, cadmio, plomo y el arsénico, así como contaminantes ambientales como las hormonas, micotoxinas y pesticidas (Bermúdez-Serrano et al., 2023; Pan et al., 2022), en insectos que habitan en ambientes naturales (Zhou et al., 2022).

El riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas es bajo debido a las diferencias genéticas, sin embargo, tienen vectores de microorganismos patógenos como bacterias, virus, hongos y parásitos (Bermúdez-Serrano et al., 2023). Los insectos destinados al consumo humano son sometidos a procesos de cocción o procesamiento, lo reduce la carga microbiana (Aguilar-Toalá et al., 2022). Los insectos deshidratados que se consumen enteros pueden plantear riesgos físicos debido a sus partes duras (Bermúdez-Serrano et al., 2023). En el caso de las harinas de insectos, es posible encontrar riesgos físicos como piedras y fragmentos de metal (Bermúdez-Serrano et al., 2023; Gałęcki et al., 2023).

Las regulaciones vigentes requieren que los insectos sean criados en instalaciones controladas, lo cual permite regular y prevenir potenciales fuentes de contaminación (Aguilar-Toalá et al., 2022). La evidencia muestra probabilidades de desencadenar reacciones alérgicas en individuos con sensibilidades a otros artrópodos, como camarones y crustáceos, así como ácaros (Bermúdez-Serrano et al., 2023). La OMS identificó 239 posibles alérgenos derivados de saltamontes y las langostas (Zhou et al., 2022), mediada por la inmunoglobulina IgE, en la respuesta adversa frente a proteínas específicas de los insectos (Bermúdez-Serrano et al., 2023) Se ha señalado que la tropomiosina, la arginina quinasa y gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa presentan una alta capacidad alergénica, siendo la tropomiosina el principal alérgeno reactivo (Aguilar-Toalá et al., 2022),

Estas observaciones han generado advertencias sobre el etiquetado, señalando una posible abstención de consumir insectos o alimentos que contengan harinas/ingredientes derivados de

insectos, en alérgicos a mariscos (Aguilar-Toalá et al., 2022), una alternativa es el tratamiento térmico, aunque no erradica por completo la capacidad alergénica de los alérgenos proteicos (Zhou et al., 2022), también se evidencia que el escaldado, horneado y fritura no logran eliminar por completo la alergenicidad asociada al *Tenebrio molitor* (Aguilar-Toalá et al., 2022). En contraste, la reducción de la sensibilidad alérgica puede ser posible mediante fermentación e hidrólisis (Aguilar-Toalá et al., 2022; Zhou et al., 2022).

### **Perspectiva de la sociedad hacia la entomofagia**

El interés reciente en las sociedades occidentales sobre incorporar insectos como parte de una dieta saludable y ecológica, impulsa investigación y colaboración internacional (Moruzzo et al., 2021); cobrando relevancia en la cultura culinaria de más de 113 países de Asia, África y América del Sur (Krongdang et al., 2023), como una tendencia actual, en compañía de otros alimentos en auge. (Kemsawasd et al., 2022; Krongdang et al., 2023). Su presentación genera un obstáculo en la industria alimentaria, lo que incentiva a generar atractivos comerciales (Pulido et al., 2020; Zhou et al., 2022), desde su consistencia, apariencia y sabor (Pulido et al., 2020), como una experiencia gastronómica poco habitual, a convertirse en un elemento usual en la dieta diaria (Krongdang et al., 2023).

La neofobia hacia los insectos como alimento ha restringido su ingesta, originando una percepción negativa de que los insectos son sucios y poco higiénicos, además de suponer posibles repercusiones adversas para la salud en caso de consumirlos (Kim et al., 2022). No obstante, para que los insectos se acepten como una alternativa a la carne y una fuente adicional de proteínas, es crucial implementar estrategias constantes de comercialización y educación enfocadas en resaltar el valor nutricional y los beneficios asociados con su consumo. Estas medidas de manera gradual pueden influir en la disposición de las personas para incluirlos en su dieta habitual (Kim et al., 2022; van Huis et al., 2021).

### **Conclusiones**

Los insectos comestibles, en los últimos tiempos se han destacado por su potencial para abordar la deficiencia proteica, mejorar la seguridad alimentaria en países subdesarrollados, ofrecer una producción más sostenible en comparación con la ganadería y representan una fuente alternativa

de empleo a nivel económico. Estos invertebrados tienen el potencial de contribuir al desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles y resilientes. Además, sus propiedades funcionales sugieren un posible avance en la industria farmacéutica al contribuir a la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas. A pesar de estos avances, se requieren más ensayos clínicos en humanos para confirmar de manera fehaciente el potencial de su bioactividad y su impacto en la salud humana.

Para consolidar el uso de insectos comestibles como recurso valioso dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, es esencial promover la investigación interdisciplinaria y la colaboración entre instituciones académicas, gubernamentales y empresariales. Esto permitirá ampliar el conocimiento científico sobre los beneficios y desafíos asociados con el consumo de insectos, así como desarrollar estrategias innovadoras para su producción, procesamiento y comercialización. Además, se requiere una mayor inversión en proyectos piloto y estudios de viabilidad económica para demostrar el potencial de los insectos como una alternativa alimentaria sostenible.

## Referencias

1. Abril S, Pinzón M, Hernández-Carrión M and Sánchez-Camargo AdP (2022) Edible Insects in Latin America: A Sustainable Alternative for Our Food Security. *Front. Nutr.* 9:904812. <https://doi:10.3389/fnut.2022.904812>
2. Acosta-Estrada BA, Reyes A, Rosell CM, Rodrigo D and Ibarra-Herrera CC (2021) Benefits and Challenges in the Incorporation of Insects in Food Products. *Front. Nutr.* 8:687712. <https://doi:10.3389/fnut.2021.687712>
3. Adegboye A. R. A. (2022). Potential Use of Edible Insects in Complementary Foods for Children: A Literature Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(8), 4756. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084756>
4. Aguilar-Toalá, José E., Rosy G. Cruz-Monterrosa y Andrea M. Liceaga. 2022. "Más allá de la nutrición humana de los insectos comestibles: beneficios para la salud y aspectos de seguridad" *Insects* 13, no. 11: 1007. <https://doi.org/10.3390/insects13111007>
5. Aidoo OF, Osei-Owusu J, Asante K, Dofuor AK, Boateng BO, Debrah SK, Ninsin KD, Siddiqui SA and Chia SY (2023) Insects as food and medicine: a sustainable solution for global health and environmental challenges. *Front. Nutr.* 10:1113219. <https://doi:10.3389/fnut.2023.1113219>

6. Aiello, D., Barbera, M., Bongiorno, D., Cammarata, M., Censi, V., Indelicato, S., Mazzotti, F., Napoli, A., Piazzese, D., & Saiano, F. (2023). Edible Insects an Alternative Nutritional Source of Bioactive Compounds: A Review. *Molecules* 2023, Vol. 28, Page 699, 28(2), Article 699. <https://doi.org/10.3390/molecules28020699>
7. Avendaño, Constanza, Sánchez, Manuel, & Valenzuela, Carolina. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 1029-1037. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>
8. Baigts-Allende, D. K., & Stathopoulos, C. (2023). Overcoming obstacles in insect utilization. *European Food Research and Technology*, 249(4), Article 849–860. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04196-4>
9. Bermúdez-Serrano, I. M., Quirós-Blanco, A. M., & Acosta-Montoya, Óscar. (2023). Production of edible insects: challenges, opportunities, and perspectives for Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 53052. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53052>
10. Cunha, N., Andrade, V., Ruivo, P., & Pinto, P. (2023). Effects of Insect Consumption on Human Health: A Systematic Review of Human Studies. *Nutrients*, 15(14), 3076. <https://doi.org/10.3390/nu15143076>
11. D'Antonio, V., Battista, N., Sacchetti, G., Di Mattia, C., & Serafini, M. (2023). Functional properties of edible insects: a systematic review. *Nutrition research reviews*, 36(1), 98–119. <https://doi.org/10.1017/S0954422421000366>
12. D'Antonio, V., Serafini, M., & Battista, N. (2021). Dietary Modulation of Oxidative Stress From Edible Insects: A Mini-Review. *Frontiers in Nutrition*, 8, 642551. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.642551>
13. El Hajj, R., Mhemdi, H., Besombes, C., Allaf, K., Lefrançois, V., & Vorobiev, E. (2022). Edible Insects' Transformation for Feed and Food Uses: An Overview of Current Insights and Future Developments in the Field. *Processes* 2022, Vol. 10, Page 970, 10(5), 970. <https://doi.org/10.3390/pr10050970>
14. Florença, S. G., Guiné, R. P. F., Gonçalves, F. J. A., Barroca, M. J., Ferreira, M., Costa, C. A., Correia, P. M. R., Cardoso, A. P., Campos, S., Anjos, O., & Cunha, L. M. (2022). The Motivations for Consumption of Edible Insects: A Systematic Review. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 3643, 11(22), 3643. <https://doi.org/10.3390/foods11223643>

15. Gałęcki, R., Bakula, T., & Gołaszewski, J. (2023). Foodborne Diseases in the Edible Insect Industry in Europe—New Challenges and Old Problems. *Foods*, 12(4), 770. <https://doi.org/10.3390/foods12040770>
16. Grabowski, N. T., Abdulmawjood, A., Acheuk, F., Barragán Fonseca, K., Chhay, T., Costa Neto, E. M., Ferri, M., Franco Olivas, J., González Aguilar, D. G., Keo, S., Lertpatarakomol, R., Miech, P., Piofczyk, T., Proscia, F., Mitchaonthai, J., Guerfali, M. M. S., Sayed, W., Tchibozo, S., & Plötz, M. (2022). Review: Insects—A Source of Safe and Sustainable Food?— “Jein” (Yes and No). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 701797. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.701797>
17. Guiné, R., Correia, P., Coelho, C. & Costa, C. (2021). The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. *Open Agriculture*, 6(1), 24-36. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0206>
18. Gumul, D., Oracz, J., Kowalski, S., Mikulec, A., Skotnicka, M., Karwowska, K., & Arczuk, A. (2023). Bioactive Compounds and Antioxidant Composition of Nut Bars with Addition of Various Edible Insect Flours. *Molecules*, 28(8), 3556. <https://doi.org/10.3390/molecules28083556>
19. Hlongwane, Z. T., Slotow, R., & Munyai, T. C. (2020). Nutritional Composition of Edible Insects Consumed in Africa: A Systematic Review. *Nutrients*, 12(9), 1–28. <https://doi.org/10.3390/NU12092786>.
20. Illa, J., & Yuguero, O. (2022). An Analysis of the Ethical, Economic, and Environmental Aspects of Entomophagy. *Cureus*, 14(7), e26863. <https://doi.org/10.7759/cureus.26863>
21. Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18, Article 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>.
22. Kemsawasd, V., Inthachat, W., Suttisansanee, U., & Temviriyankul, P. (2022). Road to The Red Carpet of Edible Crickets through Integration into the Human Food Chain with Biofunctions and Sustainability: A Review. *International Journal of Molecular Sciences* 2022, Vol. 23, Page 1801, 23(3), Article 1801. <https://doi.org/10.3390/ijms23031801>
23. Kim, T. K., Cha, J. Y., Yong, H. I., Jang, H. W., Jung, S., & Choi, Y. S. (2022). Application of Edible Insects as Novel Protein Sources and Strategies for Improving Their Processing. *Food science of animal resources*, 42(3), 372–388. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e10>

24. Krongdang, S., Phokasem, P., Venkatachalam, K., & Charoenphun, N. (2023). Edible Insects in Thailand: An Overview of Status, Properties, Processing, and Utilization in the Food Industry. *Foods* 2023, Vol. 12, Page 2162, 12(11), 2162. <https://doi.org/10.3390/foods12112162>
25. Lange, K., & Nakamura, Y. (2021). Edible insects as a source of food bioactives and their potential health effects. *Journal of Food Bioactives*, 14. <https://doi.org/10.31665/JFB.2021.14264>
26. Lee, J. H., Kim, T. K., Jeong, C. H., Yong, H. I., Cha, J. Y., Kim, B. K., & Choi, Y. S. (2021). Biological activity and processing technologies of edible insects: a review. *Food science and biotechnology*, 30(8), 1003–1023. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00942-8>
27. López-Martínez, M. I., Miguel, M., & Garcés-Rimón, M. (2022). Protein and Sport: Alternative Sources and Strategies for Bioactive and Sustainable Sports Nutrition. *Frontiers in nutrition*, 9, 926043. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.926043>
28. Mabelebele, M., Kolobe, S. D., Malematja, E., Sebola, N. A., & Manyelo, T. G. (2023). A Comprehensive Review of the Importance of Selected Trace Elements Present in Edible Insects. *Biological trace element research*, 201(7), 3520–3527. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03423-z>
29. Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S., & Jung, C. (2021). Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(5), 1036. <https://doi.org/10.3390/foods10051036>
30. Mina, G., Peira, G., & Bonadonna, A. (2023). The Potential Future of Insects in the European Food System: A Systematic Review Based on the Consumer Point of View. *Foods* 2023, Vol. 12, Page 646, 12(3), 646. <https://doi.org/10.3390/FOODS12030646>
31. Moruzzo, R., Mancini, S., & Guidi, A. (2021). Edible Insects and Sustainable Development Goals. *Insects*, 12(6), 557. <https://doi.org/10.3390/insects12060557>
32. Sánchez-Estrada, M. L., Aguirre-Becerra, H., & Feregrino-Pérez, A. A. (2024). Bioactive compounds and biological activity in edible insects: A review. *Heliyon*, 10(2), e24045. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24045>

33. Olivadese, M., & Dindo, M. L. (2023). Edible Insects: A Historical and Cultural Perspective on Entomophagy with a Focus on Western Societies. *Insects*, 14(8), 690. <https://doi.org/10.3390/insects14080690>
34. Ordoñez-Araque, R., Quishpillo-Miranda, N., & Ramos-Guerrero, L. (2022). Edible Insects for Humans and Animals: Nutritional Composition and an Option for Mitigating Environmental Damage. *Insects*, 13(10), 944. <https://doi.org/10.3390/insects13100944>
35. 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. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(19), 2931. <https://doi.org/10.3390/foods11192931>
36. Pulido Blanco Víctor Camilo, González Chavarro Carlos Felipe, Tapia Polanco Yisneiry Mercedes, & Celis Ruiz Xiomara Melissa. (2020). Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *Avances en investigación agropecuaria*, 24(2), 81–100. <https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/199>
37. Zhou, Y., Wang, D., Zhou, S., Duan, H., Guo, J., & Yan, W. (2022). Nutritional Composition, Health Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(24), 3961. <https://doi.org/10.3390/foods11243961>
38. Quah, Y., Tong, S. R., Bojarska, J., Giller, K., Tan, S. A., Ziora, Z. M., Esatbeyoglu, T., & Chai, T. T. (2023). Bioactive Peptide Discovery from Edible Insects for Potential Applications in Human Health and Agriculture. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(3), 1233. <https://doi.org/10.3390/molecules28031233>
39. 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. *Nutrients*, 15(6), 1509. <https://doi.org/10.3390/nu15061509>
40. Ros-Baró, M., Casas-Agustench, P., Díaz-Rizzolo, D. A., Batlle-Bayer, L., Adrià-Acosta, F., Aguilar-Martínez, A., Medina, F. X., Pujolà, M., & Bach-Faig, A. (2022). Edible Insect Consumption for Human and Planetary Health: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(18), 11653. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811653>

41. Selaledi, L., Hassan, Z., Manyelo, T. G., & Mabelebele, M. (2021). Insects' Production, Consumption, Policy, and Sustainability: What Have We Learned from the Indigenous Knowledge Systems?. *Insects*, 12(5), 432. <https://doi.org/10.3390/insects12050432>
42. Siddiqui, S. A., Li, C., Aidoo, O. F., Fernando, I., Haddad, M. A., Pereira, J. A. M., Blinov, A., Golik, A., & Câmara, J. S. (2023). Unravelling the potential of insects for medicinal purposes - A comprehensive review. *Heliyon*, 9(5), e15938. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15938>
43. Pérez-Grisales, M.S., Uribe Soto, S.I. Insects as sources of food and bioproducts: a review from Colombia. *JoBAZ* 83, 56 (2022). <https://doi.org/10.1186/s41936-022-00319-1>
44. Stull, V. J. (2021). Impacts of insect consumption on human health. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 695–714. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0115>
45. Teixeira, C. S. S., Villa, C., Costa, J., Ferreira, I. M. P. L. V. O., & Mafra, I. (2023). Edible Insects as a Novel Source of Bioactive Peptides: A Systematic Review. *Foods* (Basel, Switzerland), 12(10), 2026. <https://doi.org/10.3390/foods12102026>
46. Torres-Castillo, J. A., & Olazarán-Santibáñez, F. E. (2023). Insects as source of phenolic and antioxidant entomochemicals in the food industry. *Frontiers in nutrition*, 10, 1133342. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1133342>
47. Toti, E., Massaro, L., Kais, A., Aiello, P., Palmery, M., & Peluso, I. (2020). Entomophagy: A Narrative Review on Nutritional Value, Safety, Cultural Acceptance and A Focus on the Role of Food Neophobia in Italy. *European journal of investigation in health, psychology and education*, 10(2), 628–643. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10020046>
48. Gutiérrez Urcola, A. (2023). Beneficios del consumo de insectos como fuente de alimento en la salud humana. *MLS Health and Nutrition Research*, 2(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.60134/mlshn.v2i1.1808>
49. Van Huis, A. (2022) Edible insects: Challenges and prospects. *Entomological Research*, 52: 161–177. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12582>.
50. Van Huis, A., & Rumpold, B. (2023). Strategies to convince consumers to eat insects? A review. *Food Quality and Preference*, 110, Article 104927. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2023.104927>

51. Van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., & Roos, N. (2021). Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. *Annual Review of Nutrition*, 41(Volume 41, 2021), Article 551–576. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-041520-010856>
52. Wade, M., & Hoelle, J. (2020). A review of edible insect industrialization: scales of production and implications for sustainability. *Environmental Research Letters*, 15(12), Article 123013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ABA1C1>
53. Zhou, Y., Wang, D., Zhou, S., Duan, H., Guo, J., & Yan, W. (2022). Nutritional Composition, Health Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(24), 3961. <https://doi.org/10.3390/foods11243961>
54. Żuk-Gołaszewska, K., Gałęcki, R., Obremski, K., Smetana, S., Figiel, S., & Gołaszewski, J. (2022). Edible Insect Farming in the Context of the EU Regulations and Marketing-An Overview. *Insects*, 13(5), 446. <https://doi.org/10.3390/insects13050446>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).