Duazary / Vol. 22 - 2025 / e6563
DOI: https://doi.org/10.21676/2389783X.6563

CC BY NC SA

Artículo de revisión

Insectos comestibles: beneficios ambientales y nutricionales, riesgos y medidas regulatorias

Edible insects: Environmental and nutritional benefits, risks, and regulatory measures

Erik Perdomo-Balaguera[1] * César Valverde-Castro[2]

Para citar este artículo: Perdomo-Balaguera E, Valverde-Castro C. Insectos comestibles: beneficios ambientales y nutricionales, riesgo y medidas regulatorias. Duazary. 2025;22:e6563. https://doi.org/10.21676/2389783X.6563

Recibido en abril 30 de 2025
Aceptado en junio 18 de 2025
Publicado en línea en julio 12 de 2025

RESUMEN

Los insectos comestibles representan una alternativa nutricional y ambientalmente sostenible frente a las proteínas animales convencionales. Destacan por su alto contenido en proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, además de requerir menos recursos y generar bajas emisiones contaminantes. Esta revisión narrativa examina los beneficios y los riesgos microbiológicos, toxicológicos y alergénicos asociados a cría artesanal y los desafíos regulatorios actuales, marcados por la falta de armonización global. Para su integración segura en la alimentación humana se necesitan normativas claras y buenas prácticas. En contextos como el colombiano, también se deben superar barreras culturales mediante educación y sensibilización alimentaria.

Palabras clave: entomofagia; seguridad alimentaria; sostenibilidad ambiental; riesgos microbiológicos.

ABSTRACT

Edible insects represent a nutritionally and environmentally sustainable alternative to conventional animal proteins. They stand out for their high content of proteins, essential amino acids, vitamins, and minerals, in addition to requiring fewer resources and generating low polluting emissions. This narrative review examines the benefits and microbiological, toxicological, and allergenic risks associated with artisanal farming, as well as the current regulatory challenges stemming from the lack of global harmonization. Clear regulations and good practices are necessary for the safe integration of food into human consumption. In contexts such as Colombia, cultural barriers must also be overcome through education and increased awareness of food.

Keywords: Entomophagy; Food security; Environmental sustainability; Microbiological risks.

1. Universidad del Magdalena. Santa Marta. Colombia. Correo: eperdomo@unimagdalena.edu.co - https://orcid.org/0009-0001-2537-5760
2. Universidad del Magdalena. Santa Marta. Colombia. Correo: cvalverde@unimagdalena.edu.co - https://orcid.org/0000-0002-8762-7484

INTRODUCCIÓN

El sistema alimentario mundial se enfrenta a una presión cada vez mayor debido al crecimiento demográfico, la degradación ambiental y el uso insostenible de los recursos naturales en la ganadería tradicional.[1] Según las estimaciones, la población humana mundial alcanzará casi los 10 mil millones en el año 2050, lo que requerirá un aumento del 70% en la producción de alimentos para satisfacer la creciente demanda.[2] Los insectos comestibles han surgido como una posible solución para abordar estos desafíos y se ofrecen como una alternativa altamente eficiente a las fuentes de proteínas convencionales. Son ricos en proteínas, aminoácidos esenciales y micronutrientes como vitaminas y minerales.[3,4] Esto los hace nutricionalmente comparables, y en algunos casos superiores, a las fuentes de proteínas tradicionales como la carne de res y las aves de corral.[5]

Desde una perspectiva ambiental, la cría de insectos presenta una solución sostenible a las limitaciones ecológicas de la producción ganadera. Los insectos requieren menos tierra, agua y alimento, al tiempo que emiten menos gases de efecto invernadero.[6] Los estudios sobre la producción de insectos comestibles han mostrado que este tipo de proteínas es más eficiente en términos de alimentación y emisiones de CO_2 que la producción tradicional de carne. La cría de insectos como el *Tenebrio molitor,* también conocido como gusano de harina, utiliza menos agua, espacio y alimento que el ganado y, a su vez, emite menos gases de efecto invernadero. Por ejemplo, los insectos pueden necesitar hasta 14 veces menos tierra y cinco veces menos agua para producir cantidades similares de proteína comestible en comparación con el ganado vacuno.[7,8] Además, los insectos pueden criarse con desechos orgánicos, lo que contribuye a una economía circular y reduce el impacto ambiental en la producción de alimentos.[9] Estos factores posicionan a los insectos como una opción viable para mejorar tanto la seguridad alimentaria como la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, a medida que la industria crece, es importante considerar el impacto de la cría de insectos en la biodiversidad y en los ecosistemas, especialmente en el uso de especies no nativas para la alimentación.[10]

Las investigaciones recientes se han centrado en los posibles beneficios para la salud y el impacto ambiental de la incorporación de insectos a la dieta humana. Oonincx *et al*.[11] descubrieron que los gusanos de la harina, los grillos y otros insectos de consumo común tienen un alto contenido de proteínas y perfiles favorables de ácidos grasos; lo que podría ayudar a combatir la desnutrición en los países en desarrollo. Además, la investigación sobre la cría de insectos ha puesto de relieve su menor huella ecológica en comparación con la cría tradicional de animales; por ejemplo, Smetana *et al*.[8] realizaron una evaluación del ciclo de vida de los productos alimenticios a base de insectos y demostraron que la cría de insectos reduce el uso de la tierra hasta en un 98% y el consumo de agua hasta en un 50%.

En el frente regulatorio, la Unión Europea ha tomado medidas para incorporar insectos comestibles a los sistemas alimentarios convencionales a través del reglamento sobre nuevos alimentos, que exige evaluaciones de seguridad antes de que los insectos puedan venderse para el consumo humano.[12] De manera similar, las investigaciones realizadas en Asia y África, donde la entomofagia está más extendida, han demostrado que el consumo de insectos podría aportar importantes beneficios nutricionales y económicos, en particular en regiones donde prevalece la inseguridad alimentaria.[13] Sin embargo, estos estudios también destacan la importancia de desarrollar normas de seguridad globales para mitigar los riesgos asociados a su consumo.[14]

A pesar de los resultados prometedores, aún quedan varias lagunas en la comprensión sobre la seguridad y los desafíos regulatorios que conlleva el consumo de insectos.[15] Por ejemplo, los riesgos microbiológicos aún no se comprenden por completo. Algunos estudios han notificado la presencia de bacterias dañinas como *Salmonella* spp. *y Escherichia coli* en especies de insectos, lo que destaca la necesidad de focalizar investigaciones sobre las prácticas seguras de su cría y procesamiento.[16,17] De manera similar, se han observado riesgos toxicológicos relacionados con la bioacumulación de metales pesados, como el cadmio y el arsénico, en insectos criados en entornos contaminados, lo que sugiere la necesidad de implementar estrictos estándares de crianza.[18]

El potencial alergénico de los insectos comestibles es otra área que requiere más investigación. Estudios recientes indican un riesgo de reactividad cruzada entre las proteínas de los insectos y los alérgenos que se encuentran en los mariscos, lo que podría provocar reacciones alérgicas en personas con afecciones preexistentes.[19,20] Sin embargo, los datos sobre la prevalencia de las alergias a los insectos en la población general son limitados y faltan estudios clínicos que aborden este tema.[21] Además, los marcos regulatorios que rigen el consumo de insectos siguen fragmentados e incoherentes entre regiones y muchos países carecen de directrices integrales de seguridad alimentaria para los insectos.[22] Esta falta de armonización plantea desafíos importantes para garantizar la integración segura de los insectos en los sistemas alimentarios mundiales.

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo actualizar el conocimiento sobre los beneficios nutricionales y ambientales de los insectos comestibles, así como identificar los principales riesgos asociados a su consumo y los retos normativos que deben abordarse para su integración efectiva en los sistemas alimentarios globales. Esta revisión narrativa busca contribuir a la discusión científica y política sobre la incorporación segura y sostenible de los insectos en la dieta humana como estrategia frente a la inseguridad alimentaria mundial.[23]

Beneficios nutricionales de los insectos comestibles

Varios estudios destacan que los insectos no solo son una fuente rica en proteínas y otros nutrientes esenciales, sino que su consumo podría ser clave en la lucha contra la inseguridad alimentaria.[24] Por ejemplo, Tang *et al*.[25] revisaron la composición nutricional de los insectos comestibles y su contribución a la salud humana y señalaron su capacidad para aliviar el hambre y mejorar la malnutrición en comunidades vulnerables. Además, se enfatiza el perfil nutricional completo, que puede ser una alternativa saludable en dietas equilibradas.[26,27]

En particular su contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y micronutrientes como vitaminas y minerales los hace una opción prometedora en la lucha contra la malnutrición.[12] Rumpold *et al*.[4] encontraron que los grillos, gusanos de la harina y langostas contienen entre 35 y 75% de proteínas en peso seco; esto supera a la carne de res y pollo en contenido de hierro y ácidos grasos omega-3. Este hallazgo es respaldado por estudios recientes que reportan que la proteína en insectos comestibles puede llegar hasta el 80% del peso seco según la especie y se destaca el alto contenido proteico en *Gryllus bimaculatus* y *Schistocerca gregaria*.[28,29] Además, *T. molitor* y otros insectos muestran mejor eficiencia en la conversión de alimento en comparación con la carne de res y cerdo, lo que los posiciona como una alternativa sostenible y nutritiva.[11] La tabla 1 muestra la comparación del contenido nutricional de insectos, carne de res y carne aviar.

Tabla 1. Comparación nutricional entre insectos (Grillos, gusanos de la harina), carne de res y pollo.

Comparación nutricional	Insectos (Grillos, gusanos de la harina)	Carne	Pollo	Fuente
Contenido de proteína (g/100g)	35-75 g	26 g	31 g	Rumpold *et al*.[4] Oonincx *et al*.[11]
Hierro (mg/100g)	8-12 mg	2,60 mg	1,30 mg	Oonincx *et al*.[11]
Vitamina B12 (µg/100g)	5-9 µg	2,50 µg	0,60 µg	Van Huis *et al*.[5]
Omega-3 (g/100g)	2,00-3,00 g	0,05 g	0,09 g	Rumpold *et al*.[4] Van Huis *et al*.[5]

El contenido significativo de omega-3 y 6 en los insectos es crucial para el mantenimiento de la salud cardiovascular humana, ya que previene enfermedades cardiacas y la hipertensión.[13] Estos ácidos grasos son esenciales para reducir los niveles de colesterol LDL y mejorar la función endotelial, lo que en última instancia contribuye a la reducción del riesgo cardiovascular.[5] El consumo regular de insectos también puede promover la salud cerebral y el desarrollo neurológico, gracias a la combinación de proteínas de alta calidad y los ácidos grasos esenciales.[30]

En términos de micronutrientes, los insectos son especialmente ricos en vitamina B12, riboflavina y ácido fólico, todos esenciales para la producción de energía, la formación de glóbulos rojos y la síntesis de ADN.[31] La deficiencia de vitamina B12, hierro y zinc puede ser contrarrestada con la ingesta de insectos, ya que, puede jugar un papel crucial en la lucha contra la anemia prevalente en países de bajos ingresos.[11]

Asimismo, es necesario destacar el potencial del consumo de insectos para mejorar la salud intestinal y reforzar el sistema inmunológico debido a su contenido en quitina, una proteína encontrada en el exoesqueleto de los insectos; esta proteína actúa como prebiótico y puede estimular el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino.[32-34]

Stull *et al*.[32] han mostrado que el consumo de insectos, como los grillos, está asociado con el aumento de bacterias intestinales benéficas y con una reducción de la inflamación intestinal, lo que sugiere un impacto positivo en la salud digestiva y una posible mejora en el sistema inmunológico. Sin embargo, se recomienda realizar estudios adicionales para explorar a fondo estos beneficios en poblaciones humanas específicas.

El consumo de insectos diversifica la dieta y ofrece una solución viable para mejorar la seguridad alimentaria en comunidades vulnerables debido a su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales esenciales.[35] Además, el bajo costo de producción y el impacto ambiental reducido los pueden posicionar como una alternativa sostenible para combatir la desnutrición global.[13,36]

Entomofagia como alternativa para contrarrestar la desnutrición

El crecimiento demográfico, la urbanización y el crecimiento de la clase media han aumentado la demanda de alimentos a escala mundial, especialmente de las fuentes de proteínas de origen animal.[37] La producción tradicional de animales y cereales como la soya debe intensificarse aún más en términos

de eficiencia de recursos y ampliarse mediante el uso de fuentes alternativas para poder alimentar a los más de 9000 millones de habitantes para en el año 2030.[2] Por otra parte, los factores externos como la contaminación del suelo y del agua debida al uso de fertilizantes químicos, a la ganadería intensiva y el sobrepastoreo provocan la degradación de los bosques, lo que contribuye al cambio climático y a otros impactos ambientales destructivos; por lo cual se debe buscar alternativas para soluciones para estos problemas, por ejemplo, el consumo de insectos.[38]

Los insectos proporcionan proteínas y nutrientes de alta calidad en comparación con la carne y el pescado. Los insectos son especialmente importantes como complemento alimenticio para los niños desnutridos porque la mayor parte de las especies de insectos contienen niveles elevados de ácidos grasos, son ricos en fibra y micronutrientes como cobre, hierro, magnesio, fósforo, manganeso, selenio y zinc.[2]

El consumo de insectos por el hombre o entomofagia como un suplemento nutricional, es una práctica en muchos países.[38] La entomofagia no incluye sólo el consumo humano de productos elaborados por los insectos tales como la miel y el propóleo, sino también incluye productos que contienen insectos como ingrediente principal o mezclados. El mayor grupo de insectos comestibles son los coleópteros (Orden Coleoptera) (escarabajos) (468 especies), seguido de los himenópteros (Orden Hymenoptera) (avispas, abejas y hormigas) (351 especies), ortópteros (Orden Orthoptera) (Grillos) (267especies) y lepidópteros (Orden Lepidoptera) (mariposas y polillas) (253 especies). El intervalo de proteína que cubren los insectos expresados en porcentaje es muy amplio, entre 9,45% para la hormiga mielera (*Myrmecosistus melliger*) y 81% en una avispa adulta del género *Polybia* en México; pero, en promedio se puede notar que la mayoría de las especies estudiadas se encuentra en una proporción de 55-70%.[39]

Muchas veces, los insectos no son consumidos debido a restricciones y tabúes alimentarios. Sproesser *et al*.[40] sugirieron que las personas rechazaban ciertos alimentos potenciales debido a la idea de que estos son repulsivos. Se debe señalar que la sensibilidad al asco está altamente correlacionada con el miedo a la enfermedad y a la muerte.[41]

Sostenibilidad ambiental de los insectos comestibles

En términos de sostenibilidad ambiental, la cría de insectos ofrece ventajas considerables sobre la producción ganadera tradicional. Los insectos requieren significativamente menos tierra y agua, y producen menos emisiones de gases de efecto invernadero.[8] Por ejemplo, producir 1 kg de proteína de insectos requiere aproximadamente diez veces menos agua y doce veces menos alimento que producir 1 kg de proteína de carne de vacuno.[6] Además, la cría de insectos puede integrarse en sistemas alimentarios circulares al utilizar desechos orgánicos como alimento para los insectos, lo que reduce la huella ambiental de la gestión de residuos.[8] Van Huis *et al.*[5] han señalado que la cría de insectos podría reducir el uso global de la tierra hasta en un 90% en comparación con la cría de ganado. La tabla 2 muestra la comparación de la sostenibilidad ambiental entre la cría de insectos y la ganadería tradicional.

Riesgos microbiológicos asociados a los insectos comestibles

La seguridad microbiológica en el consumo de insectos comestibles es un tema de creciente preocupación. A pesar de los beneficios nutricionales y ambientales que ofrecen, hay riesgos asociados

a la contaminación microbiana.[42] Los insectos pueden ser portadores de microorganismos patógenos, lo que representa un potencial riesgo para la salud humana, especialmente en países donde estos son un componente habitual de su dieta.[42,43] Varios estudios han identificado la presencia de bacterias dañinas, incluidas *Salmonella* spp., *E. coli* y *Staphylococcus aureus* en insectos de granja.[17,44] Estos patógenos pueden introducirse en diferentes etapas de la cría de insectos, en particular si no se mantienen estrictamente las normas de higiene.[43] Un estudio realizado por Grabowski *et al*.[45] concluyeron que la manipulación inadecuada de los insectos puede provocar contaminación de la colonia, con riesgos de transmisión de patógenos causantes de enfermedades a través de los alimentos. Sin embargo, cuando se procesan y cocinan adecuadamente, estos riesgos se pueden minimizar, lo que subraya la importancia de las prácticas de higiene estrictas en toda la cadena de suministro. La tabla 3 muestra los riesgos microbiológicos en la cadena de suministro de insectos comestibles.

Tabla 2. Comparación de la sostenibilidad ambiental entre la cría de insectos y la ganadería tradicional.

Aspecto de sostenibilidad	Cría de insectos	Ganadería tradicional	Fuente
Uso de agua (litros/kg proteína)	Aproximadamente diez veces menos que la carne de vacuno	Alta demanda de agua	Guiné *et al*.[6]
Uso de tierra (%)	90% menos uso de tierra	Alto uso de tierra	Van Huis *et al*.[5]
Requerimiento de alimento	Aproximadamente doce veces menos que la carne de vacuno	Alto requerimiento de alimento	Guiné *et al*.[6]
Emisiones de gases de efecto invernadero (kg CO_2 eq/kg proteína)	1-2 kg CO_2 eq/kg proteína	14-30 kg CO_2 eq/kg proteína	Guiné *et al*.[6]
Sistemas circulares	Utilizan residuos orgánicos como alimento	Requieren insumos adicionales	Smetana *et al*.[8]

Riesgos toxicológicos de los insectos comestibles

Los riesgos toxicológicos asociados con el consumo de insectos comestibles son un tema crítico, especialmente en relación con la bioacumulación de contaminantes ambientales. Un estudio reciente investigó la bioacumulación de micotoxinas en larvas de *T. molitor* y resaltó el impacto biológico y la conversión metabólica de estos contaminantes.[46] Los hallazgos discuten las implicaciones de estos riesgos para la producción de insectos como fuente de proteínas y sugieren que la exposición a micotoxinas podría tener consecuencias significativas para la seguridad alimentaria y la salud humana.[46] Se ha descubierto que los insectos criados en entornos contaminados acumulan niveles peligrosos de metales pesados como cadmio, plomo y arsénico, que plantean riesgos significativos para la salud cuando se consumen regularmente.[18] Van der Fels-Klerx *et al*.[47] destacaron la presencia de micotoxinas en insectos alimentados con desechos orgánicos contaminados, lo que subraya la necesidad de un control cuidadoso de las condiciones de crianza. Estos hallazgos sugieren que, si bien la cría de insectos tiene beneficios ecológicos, la supervisión regulatoria es fundamental para prevenir la introducción de sustancias nocivas en la cadena alimentaria. La tabla 4 recoge los riesgos toxicológicos en insectos comestibles.

Tabla 3. Riesgos microbiológicos en la cadena de suministro de insectos comestibles.

Etapa de la cadena	Riesgos microbiológicos identificados	Patógenos comunes	Fuente
Crianza	Riesgo de contaminación a partir del entorno y alimentos para insectos	*Salmonella* spp., *E. coli*, *S. aureus*	Klunder *et al.*[44] Garofalo *et al*.[17]
Procesamiento	Introducción de patógenos por manipulación y condiciones de higiene deficientes	*Salmonella* spp. *S. aureus*	Belluco *et al.*[43] Grabowski *et al*.[45]
Almacenamiento	Crecimiento de microorganismos debido a condiciones inadecuadas de temperatura y humedad	*E. coli*, *S. aureus*	Belluco *et al*.[43] Garofalo *et al*.[17]
Consumo	Posible contaminación si no se siguen adecuadas prácticas de cocción y preparación	*Listeria monocytogenes*, *E. coli*	Aguilar *et al.*[42] Grabowski *et al*.[15]

Tabla 4. Riesgos toxicológicos en insectos comestibles.

Contaminante	Descripción del riesgo	Posibles efectos en la salud	Fuente
Micotoxinas	Bioacumulación en larvas, especialmente en *T. molitor*, cuando son alimentadas con materiales contaminados	Toxicidad hepática y renal, efectos inmunológicos	Meyer *et al*.[46] Van der Fels-Klerx *et al*.[47]
Metales pesados	Acumulación de cadmio, plomo y arsénico en insectos criados en ambientes contaminados	Daños neurológicos, toxicidad renal y hepática	Poma *et al*.[18]
Desechos orgánicos contaminados	Riesgo de transmisión de micotoxinas y otros contaminantes al alimentar insectos con residuos contaminados	Aumento de la toxicidad en el consumo humano	Van der Fels-Klerx *et al*.[47]

Marco regulatorio para insectos comestibles

El panorama regulatorio para insectos comestibles está actualmente fragmentado e inconsistente en las diferentes regiones del mundo. En la Unión Europea, el reglamento sobre nuevos alimentos exige evaluaciones científicas de seguridad antes de que los insectos comestibles puedan comercializarse para el consumo humano.[12] Este marco garantiza que los insectos cumplan con los mismos estándares de seguridad alimentaria que otros alimentos nuevos; sin embargo, en muchas partes de Asia y África, donde los insectos se consumen tradicionalmente, hay una falta de regulaciones formales que aborden los estándares de seguridad alimentaria para el consumo de insectos.[48,49] La ausencia de regulaciones globales armonizadas crea riesgos para los consumidores y plantea desafíos para la integración segura de los insectos en los mercados alimentarios globales. Es esencial que los organismos internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización

Mundial de la Salud, trabajen para establecer pautas integrales y reconocidas globalmente para la producción, procesamiento y consumo de insectos comestibles.[22]

Implicaciones prácticas

En contextos como el colombiano, resulta crucial superar las barreras culturales y perceptuales que dificultan su adopción.[50] La educación alimentaria, la comunicación basada en evidencia científica y la inclusión de los insectos en políticas de seguridad alimentaria pueden facilitar su integración como una opción complementaria y sostenible.[51,52] En síntesis, los insectos comestibles representan una herramienta estratégica para fortalecer la seguridad alimentaria global, siempre que se aborden de manera integral los factores sanitarios, normativos y socioculturales implicados.[53] El alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales, junto con su bajo impacto ambiental, los posiciona como una alternativa viable frente a las fuentes convencionales de proteína animal.[54] No obstante, su integración en los sistemas alimentarios debe contemplar estrategias para mitigar los riesgos microbiológicos, toxicológicos y alergénicos documentados, los cuales pueden ser reducidos con prácticas de producción seguras y estandarizadas.[45] Además, se requiere establecer marcos regulatorios claros y armonizados que garanticen la inocuidad y promuevan la aceptación de estos productos en el mercado internacional.[26] La aceptación cultural, particularmente en contextos como el colombiano, representa un desafío que no puede ser ignorado.[55] Por tanto, es fundamental acompañar la introducción de insectos comestibles con acciones de educación alimentaria, comunicación científica y políticas públicas que fomenten su inclusión informada, segura y socialmente aceptada como una estrategia integral para mejorar la seguridad alimentaria global, la nutrición humana y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, la integración en los sistemas alimentarios requiere mitigar riesgos microbiológicos, toxicológicos y alergénicos mediante buenas prácticas de producción y establecer marcos regulatorios armonizados que garanticen la seguridad del consumidor y fomenten la aceptación.[56,57]

CONCLUSIONES

Los insectos comestibles ofrecen beneficios significativos para la nutrición humana y la sostenibilidad ambiental. Su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales, junto con su bajo impacto ecológico, los posiciona como una fuente alternativa de proteína viable frente a los desafíos actuales del sistema alimentario mundial. Esta revisión ha mostrado que la cría y el consumo de insectos permiten una producción eficiente, con menor uso de recursos naturales y emisiones contaminantes en comparación con la ganadería convencional. Sin embargo, su implementación debe considerar aspectos clave como la seguridad alimentaria, el control microbiológico y toxicológico, y la evaluación del riesgo alergénico. También es fundamental establecer normativas claras y armonizadas a nivel internacional para garantizar la inocuidad del producto y su aceptación en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Fondo de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Magdalena por el apoyo financiero brindado para la realización de este proyecto de investigación.

DECLARACIÓN SOBRE CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

EPB participó en la conceptualización y diseño del estudio, revisión bibliográfica, redacción y aprobación final del manuscrito.
CVC revisión bibliográfica, redacción y edición final del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, et al. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. Science. 2010;327:812-8. https://doi.org/10.1126/science.1185383
2. FAO. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013.
3. Bbosa T, Tamale Ndagire C, Muzira Mukisa I, Fiaboe KKM, Nakimbugwe D. Nutritional characteristics of selected insects in Uganda for use as alternative protein sources in food and feed. J Insect Sci. 2019;19:23. https://doi.org/10.1093/jisesa/iez124
4. Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol Nutr Food Res. 2013;57:802-23. https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735
5. Van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Rome: FAO; 2013.
6. Guiné RPF, Correia P, Coelho C, Costa CA. The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. Open Agric. 2021;6:24-36. https://doi.org/10.1515/opag-2020-0206
7. Siddiqui SA, Osei-Owusu J, Yunusa BM, Rahayu T, Fernando I, Shah MA, Centoducati G. Prospects of edible insects as sustainable protein for food and feed – A review. J Insects Food Feed. 2023;10:191-217. https://doi.org/10.1163/23524588-20230042
8. Smetana S, Bhatia A, Batta U, Mouhrim N, Tonda A. Environmental impact potential of insect production chains for food and feed in Europe. Anim Front. 2023;13:112-20. https://doi.org/10.1093/af/vfad033
9. Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim Feed Sci Technol. 2014;197:1-33. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008
10. Pippinato L, Gasco L, Di Vita G, Mancuso T. Current scenario in the European edible insect industry: A systematic review. Food Res Int. 2020;137:109924. https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008
11. Oonincx DGAB, De Boer IJM. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – A life cycle assessment. PLoS ONE. 2012;7:e51145. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145

12. EFSA Scientific Committee. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA J. 2015;13:4257. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257

13. Dobermann D, Swift JA, Field LM. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. Nutr Bull. 2017;42:293-308. https://doi.org/10.1111/nbu.12291

14. Charlton AJ, Dickinson M, Wakefield ME, Fitches E, Kenis M, Han R, *et al*. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. J Insects Food Feed. 2015;1:7-16. https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0020

15. Imathiu S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. NFS J. 2020;18:1-11. https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002

16. Musundire R, Osuga MI, Cheseto X, Irungu J, Torto B. Aflatoxin contamination detected in nutrient and anti-oxidant rich edible stink bug stored in recycled grain containers. PLoS One. 2016;11:e0145914. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145914

17. Garofalo C, Osimani A, Milanovic V, Taccari M, Cardinali F, Aquilanti L, *et al*. The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. Food Microbiol. 2017;62:39-46. https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.09.012

18. Poma G, Cuykx M, Amato E, Calaprice C, Focant JF, Covaci A. Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. Food Chem Toxicol. 2017;100:70-9. https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.006

19. Broekman HCHP, Knulst AC, de Jong G, Gaspari M, den Hartog Jager CF, Houben GF, Verhoeckx KCM. Is mealworm or shrimp allergy indicative for food allergy to insects? Mol Nutr Food Res. 2017;61:1601061. https://doi.org/10.1002/mnfr.201601061

20. Francis F, Doyen V, Debaugnies F, Mazzucchelli G, Caparros R, Alabi T, *et al*. Limited cross reactivity among arginine kinase allergens from mealworm and cricket edible insects. Food Chem. 2019;276:714-8. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.082

21. Verhoeckx K, Broekman H, Knulst A, Houben G. Allergenicity assessment strategy for novel food proteins and protein sources. Regul Toxicol Pharmacol. 2016;79:118-24. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2016.03.016

22. Van der Spiegel M, Noordam MY, Van der Fels-Klerx HJ. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, and rapeseed). Anim Feed Sci Technol. 2013;185:41-52. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032

23. Traynor A, Burns DT, Wu D, Karoonuthaisiri N, Petchkongkaew A, Elliott CT. Analysis of emerging food safety and fraud risks of novel insect proteins. NPJ Sci Food. 2024;8:7. https://doi.org/10.1038/s41538-023-00241-y

24. Raksakantong P, Meeso N, Kubola J, Siriamornpun S. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terricolous insects. Food Res Int. 2010;43:350-5. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.014

25. Tang C, Yang D, Liao H, Sun H, Liu C, Wei L, *et al*. Edible insects as a food source: A review. Food Prod Process Nutr. 2019;1. https://doi.org/10.1186/s43014-019-0008-1

26. Zhou Y, Wang D, Zhou S, Duan D, Guo J, Yan W. Nutritional composition, health benefits, and application value of edible insects: A review. Foods. 2022;11:3961. https://doi.org/10.3390/foods11243961

27. Ordoñez AR, Quishpillo MN, Ramos GL. Edible insects for humans and animals: nutritional composition and an option for mitigating environmental damage. Insects. 2022;13:944. https://doi.org/10.3390/insects13100944

28. D'Antonio V, Battista N, Sacchetti G, Di Mattia C, Serafini M. Functional properties of edible insects: a systematic review. Nutr Res Rev. 2023;36:98-119. https://doi.org/10.1017/S0954422421000366

29. Li M, Mao C, Li X, Jiang L, Zhang W, Li M, Liu H, Fang Y, Liu S, Yang G, Hou X. Edible insects: A new sustainable nutritional resource worth promoting. Foods. 2023;12:4073. https://doi.org/10.3390/foods12224073

30. Ghosh S, Lee SM, Jung C, Meyer-Rochow VB. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. J Asia Pac Entomol. 2017;20:686-94. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003

31. Ekpo KE. Effect of processing on the protein quality of four popular edible insects in Southern Nigeria. J Zhejiang Univ Sci B. 2011;12:901-8.

32. Stull VJ, Weir TL. Chitin and omega-3 fatty acids in edible insects have underexplored benefits for the gut microbiome and human health. Nat Food. 2023;4:283-7. https://doi.org/10.1038/s43016-023-00728-7

33. Kipkoech C. Más allá de las proteínas: los insectos comestibles como fuente de fibra dietética [Beyond proteins: edible insects as a source of dietary fiber]. Polysaccharides. 2023;4:116-28. https://doi.org/10.3390/polysaccharides4020009.

34. López-Santamarina A, Mondragon AdC, Lamas A, Miranda JM, Franco CM, Cepeda A. Animal-origin prebiotics based on chitin: An alternative for the future? A critical review. Foods. 2020;9:782. https://doi.org/10.3390/foods9060782

35. Tao J, Li YO. Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. Food Qual Saf. 2018;2:17-26. https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy001

36. Adegboye AR, Bawa M, Keith R, Twefik S, Tewfik I. Edible insects: Sustainable nutrient-rich foods to tackle food insecurity and malnutrition. World Nutr. 2021;12:176-89. https://doi.org/10.26596/wn.2021124176-189

37. Kelemu S, Niassy S, Torto B, Fiaboe K, Affognon H, Tonnang H, Maniania NK, Ekesi S. African edible insects for food and feed: Inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. J Insects Food Feed. 2015;1:103-20. https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0016

38. Llorente JB, Morrone JJ, Yáñez OO, Vargas IF. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento [Biodiversity, taxonomy, and biogeography of Mexican arthropods: Toward a synthesis of their knowledge]. Volumen 4. México: UNAM; 2004.

39. Premalatha M, Abbasi T, Abbasi T, Abbasi SA. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. Renew Sustain Energy Rev. 2011;15:4357-60. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.115

40. Sproesser G, Imada S, Furumitsu I, Rozin P, Ruby MB, Arbit N, *et al*. What Constitutes Traditional and Modern Eating? The Case of Japan. Nutrients. 2018;10:118. https://doi.org/10.3390/nu10020118

41. Looy H, Dunkel FV, Wood JR. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. Agric Human Value. 2014;31:131-41. https://doi.org/10.1007/s10460-013-9450-x

42. Aguilar JE, Cruz RG, Liceaga AM. Beyond human nutrition of edible insects: Health benefits and safety aspects. Insects. 2022;13:1007. https://doi.org/10.3390/insects13111007

43. Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2013;12:296-313. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12024

44. Klunder HC, Wolkers WJ, Korpela JM, Nout MJR. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. Food Control. 2012;26:628-31. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013

45. Grabowski NT, Klein G. Microbiological analysis of raw edible insects. J Insects Food Feed. 2017;3:7-12. https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0004

46. Meyer AM, Meijer N, Hoek-van den Hil EF, van der Fels-Klerx HJ. Riesgos químicos para la seguridad alimentaria de los insectos criados para la alimentación humana y animal [Chemical risks for food safety of insects reared for human and animal consumption]. J Insects Food Feed. 2021;7:823-32. https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0085.

47. Van der Fels-Klerx HJ, Camenzuli L, Belluco S, Meijer N, Ricci A. Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2018;17:1172-83. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12385

48. Schlüter O, Rumpold B, Holzhauser T, Roth A, Vogel RF, Quasigroch W, *et al*. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. Mol Nutr Food Res. 2017;61:1600520. https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520

49. Mancini S, Moruzzo R, Riccioli F, Paci G. European consumers' readiness to adopt insects as food: A review. Food Res Int. 2019;122:661-78. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.041

50. Abril S, Pinzón M, Hernández-Carrión M, Sánchez-Camargo ADP. Edible insects in Latin America: A sustainable alternative for our food security. Front Nutr. 2022;9:904812. https://doi:10.3389/fnut.2022.904812

51. Halloran A, Roos N, Eilenberg J, Cerutti A, Bruun S. Life cycle assessment of edible insects for food protein: A review. Agron Sustain Dev. 2016;36:57. https://doi.org/10.1007/s13593-016-0392-8

52. Payne CL, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. Trends Food Sci Technol. 2015;47:69-77. https://doi:10.1016/j.tifs.2015.10.012

53. Van Huis A. Edible insects contributing to food security? Agric Food Secur. 2015;4:20. https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5

54. Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – A review. Pol J Food Nutr Sci. 2014;64:147-57. https://doi.org/10.2478/pjfns-2013-0015

55. Gasca-Álvarez HJ, Costa-Neto EM. Insects as a food source for indigenous communities in Colombia: a review and research perspectives. J Insects Food Feed. 2022;8:593-604. https://doi:10.3920/JIFF2021.0148

56. Okaiyeto SA, Yu S-H, Deng L-Z, Wang Q-H, Sutar PP, Wang H, et al. How to enhance the acceptability of insects food—A review. Food Front. 2024;5:311-28. https://doi:10.1002/fft2.349

57. Kinyuru J, Ndung'u N. Insect cuisine: Transitioning from a novel snack to a dinner staple. J Insects Food Feed. 2024;10:1077-9. https://doi:10.1163/23524588-100701ED