

Consumo de insectos. Seguridad alimentaria y legislación en la Unión Europea

SANDRA FERNÁNDEZ PASTOR, ANA GUERRERO BARRADO, PILAR RUIZ GARCÍA y M^a CARMEN LÓPEZ MENDOZA

Dpto. de Producción y Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad CEU Cardenal Herrera.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha incrementado el interés por introducir en la dieta humana nuevas fuentes de proteínas con un menor coste económico y ambiental, que las de origen animal o vegetal, y que puedan ser producidas en grandes cantidades para satisfacer la demanda de una población mundial en continuo crecimiento. Los insectos se han postulado como una

buena alternativa, ya que han sido utilizados por el hombre como alimento en el pasado y lo son actualmente en numerosos países.

Así, la FAO (2023) recomienda la inclusión de insectos comestibles en la dieta humana por ser nutritivos, ecológicamente sostenibles y ofrecer un mejor aprovechamiento de los recursos económicos [1].

En relación con el contenido nutricional, los insectos comestibles son ricos en macronutrientes

(proteínas, fibra dietética y ácidos grasos) y una buena fuente de micronutrientes (hierro, zinc, magnesio, manganeso, fósforo y selenio, riboflavina, ácido pantoténico, biotina y, en algunos casos, ácido fólico), según el estudio realizado por Rumpold y Schlüter [2] sobre 236 especies de insectos comestibles. Obviamente dicha composición y la calidad de los nutrientes es distinta según la especie [3]. Recientes estudios que comparan nutricionalmente distintos tipos de carne con los insectos comestibles muestran que ambos son altamente nutritivos [4].

Por otro lado, la incorporación de insectos a la dieta humana también ofrece beneficios ambientales. Según la ONU, en 2050 la población mundial alcanzará los 9.700 millones, planteándose el consumo de insectos como una alternativa para satisfacer las necesidades alimentarias de todo el planeta [5]. Así pues, hay estudios que han demostrado que la cría de insectos, como el gusano de la harina, requiere menos agua que la cría del ganado convencional [6] y que los insectos cultivados pueden obtener agua a partir de sus alimentos o de sus sustratos sin necesidad de un

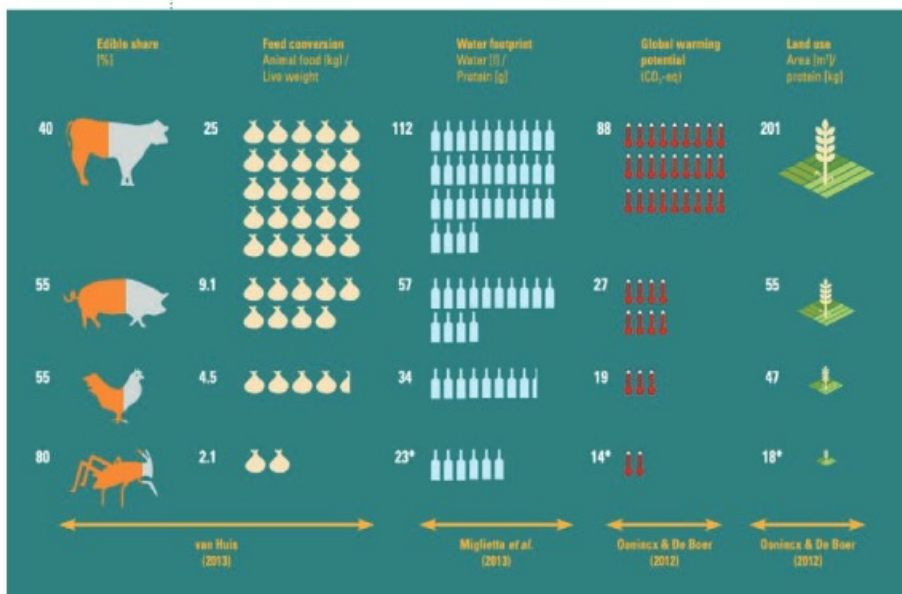


Figura 1. Comparación de conversión de alimento, agua, potencial de calentamiento global y tierra necesaria para producir 1 kg del animal vivo. Fuente: [11]

aporte adicional, siendo además más resistentes a las sequías que el ganado [7-8]. También se ha comprobado que se necesita de 2 a 10 veces menos tierra agrícola para producir un Kg de proteína comestible de insectos que para obtener un Kg de proteína de ganado porcino o bovino [9]. En referencia a la producción de gases con efecto invernadero, se ha observado que dicha producción es inferior por parte de los insectos que en el caso del ganado convencional [10], siendo por ejemplo de 10 a 100 veces mayor en el caso del ganado porcino que en el gusano de la harina [7]. En la Figura 1 se comparan las necesidades de producción para varias fuentes de proteínas, incluyendo las de origen animal y los insectos.

También hay que tener en cuenta que la venta de insectos comestibles puede ofrecer nuevas oportunidades económicas en áreas rurales, principalmente en aquellas en las que ya se consumen insectos de forma habitual [12-13]. Así, en Tailandia el cultivo de grillos ha mejorado la vida de muchos agricultores en las zonas rurales y ha permitido a las mujeres desarrollar habilidades empresariales [14].

Por todo, y por su contribución a la seguridad alimentaria entendida desde la perspectiva de garantizar a todas las personas, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana [15], no cabe duda que su desarrollo contribuye de una manera integral a la consecución de diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluidos en la Agenda 2030 de la ONU.

El consumo de insectos en la Unión Europea no está tan extendido como en terceros países, donde tradicionalmente forman parte de la dieta habitual

SITUACIÓN ACTUAL DEL CONSUMO DE INSECTOS Y ESPECIES MÁS CONSUMIDAS A NIVEL MUNDIAL

La entomofagia ha sido una práctica habitual llevada a cabo por los seres humanos desde la prehistoria [16]. Existen evidencias documentales que muestran que en el siglo VIII a. C. en el Medio Oriente ya se consumían insectos [17].

Si bien, en la actualidad, su consumo en países industrializados no está muy extendido, puesto que se asocia a pobreza y periodos de hambruna [18], otros países han continuado consumiéndolos por motivos culturales [19], de disponibilidad [20], y económicos [21].

Así, se ha documentado la entomofagia como práctica consolidada en diferentes regiones de Asia, en Australia, África y América [18, 22-26], observándose en estas zonas el consumo de un mayor número de especies (Figura 2).

Aunque se conoce que hasta 2.111 especies de insectos se consumen en unos 140 países de todo el mundo [28], actualmente no hay datos suficientes para estimar la cantidad exacta de insectos que se consumen.

Según Jongema [28], el 92% de las especies de insectos comestibles se recolectan en la naturaleza, siendo el 88% de las mismas de origen terrestre [23]. Las especies semidomesticadas y las que se crían representan el 6% y el 2% respectivamente [23].

Los insectos más comúnmente consumidos son los escarabajos (*Coleoptera*), los cuales representan el 31% del total de los insectos comestibles a nivel mundial, ingiriéndose tanto en su etapa adulta como larvaria. El consumo de orugas (*Lepidoptera*) es de entorno al 17%, siendo especialmente populares en el África subsahariana. Las abejas, avispas y hormigas (himenópteros), consumidos generalmente en su etapa de

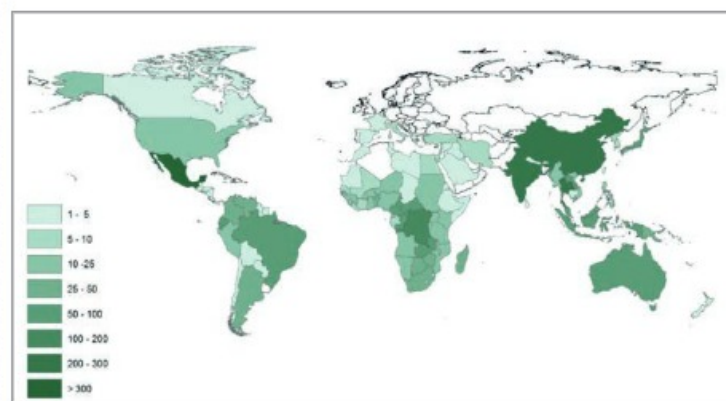


Figura 2. Número de especies de insectos comestibles registradas por país. Fuente: [27].

larva o pupa, son muy comunes en América latina y ocupan el tercer lugar en importancia al representar el 15% de los insectos consumidos. A continuación, estarían los saltamontes, langostas y grillos (*Orthoptera*), y las cigarras, chicharras, cochinillas y chinches (*Hemiptera*) que supondrían el 13 y el 10% respectivamente, y que junto con las termitas (*Isoptera*) (3%) se consumen principalmente en su etapa madura [29]. Las libélulas (*Odonata*) también representarían el 3% del total de insectos comestibles. Finalmente, las moscas (*Diptera*), serían el 2% y otros insectos quedarían englobados en el 6% restante [28].

En la figura 3 se muestra el consumo de distintos órdenes de insectos a nivel mundial.

SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LOS INSECTOS. PELIGROS ASOCIADOS A SU CONSUMO

Como cualquier alimento, los insectos pueden contener peligros biológicos y químicos, además de ser en sí mismos un peligro físico. Según la EFSA, estos peligros dependen de la especie de insecto y su sustrato y de cómo se crían y cosechan [30-31]. También, serán diferentes los problemas de seguridad alimen-

taria que pueden plantear los insectos criados respecto a los recolectados en la naturaleza [32-33].

1. Peligros biológicos

Si bien los microorganismos que son patógenos para los insectos se consideran inofensivos para humanos y animales, debido a diferencias filogenéticas, los insectos pueden ser vectores de varios microorganismos que son perjudiciales para la salud humana y animal, especialmente en condiciones higiénicas mal controladas [34].

1.1. Bacterias

Varias especies de bacterias se han asociado tanto a insectos comestibles criados en granja [30,35] como a recolectados [36,37]. Estas especies pertenecen a los géneros *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Erwinia*, *Clostridium* y *Acinetobacter*, así como miembros de la familia *Enterobacteriaceae* [30,33,38] los cuales incluyen bacterias patógenas, oportunistas y alterantes, siendo éstas últimas responsables de reducir la vida útil de los insectos.

1.2. Virus

El riesgo de transmisión de virus, como el de la hepatitis A, la

hepatitis E y el norovirus, por el consumo de insectos es bajo. Sin embargo, se debe tener cuidado de no introducir estos peligros en las unidades de producción de insectos a través de los sustratos administrados [39]. Además, los insectos pueden ser vectores potenciales de virus que infectan a los vertebrados. Si bien, respecto a la transmisión de arbovirus que causan enfermedades como la enfermedad del Nilo Occidental, la fiebre del valle del Rift, el chikungunya y la fiebre hemorrágica a través de artrópodos, se precisan de estudios adicionales [30].

1.3. Hongos

Los insectos pueden portar hongos responsables de su deterioro y alteración y hongos productores de toxinas (peligros químicos) extremadamente dañinas para los seres humanos. Algunas especies de mohos de los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phycomycetes* y *Wallemia* y algunas especies de levaduras de los géneros *Tetrapisispora*, *Candida*, *Pichia* y *Debaryomyces*, que se asocian a la microbiota de la superficie del cuerpo o intestino de los insectos, pueden ser nocivos para el ser humano [2,34, 40-41].

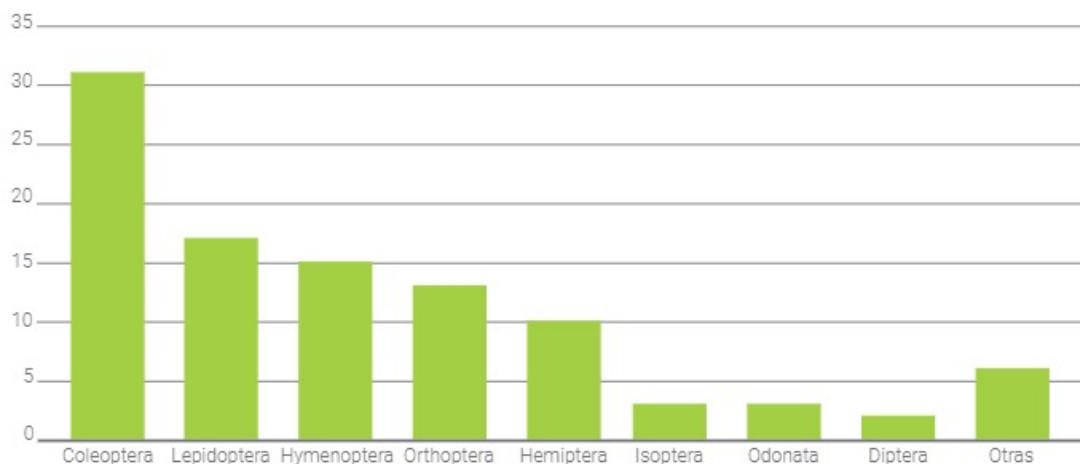


Figura 3. Órdenes de insectos más consumidos a nivel mundial. Fuente: adaptado de [28].

1.4. Parásitos

Los riesgos parasitarios asociados al consumo de insectos están poco documentados. En base a datos recopilados de autopsias humanas y análisis de insectos consumidos tradicionalmente en el sudeste asiático, se ha sugerido la posible transmisión de trematodos intestinales pertenecientes a las familias Lecithodendriidae y Plagiorchiidae [42-43]. Se han descrito casos de miasis intestinales en humanos tras el consumo de larvas de moscas soldado negras criadas en frutos maduros y sin lavar [44-45]. También se han documentado en insectos comestibles ciertas especies de protozoos como *Entamoeba histolytica*, *Balantidium* spp., *Isospora* spp., *Giardia lamblia*, *Toxoplasma* spp. y *Sarcocystis* spp. [46-47]. Por último, los insectos comestibles pueden ser vectores potenciales de *Cryptosporidium* spp. y *Trypanosoma cruzi* (enfermedad de Chagas) [47-48].

2. Peligros químicos

2.1. Micotoxinas

Se han detectado diversas micotoxinas en diferentes especies de insectos comestibles [49]. Concretamente en mosca doméstica (*Musca domestica*) se determinó la presencia de beauvericina, eniantina A y A1 en niveles no preocupantes [50]. Sin embargo, se detectaron aflatoxinas, en niveles superiores a 50 µg/kg, en algunos lotes comerciales de gusanos mopane (*Gonimbrasia belina*) en Botswana, destacando la importancia de unas buenas prácticas higiénicas en su prevención [51-52].

2.2. Pesticidas

Los pesticidas utilizados en productos agrícolas pueden acumularse en los insectos [53]. Así pues, se ha comprobado que los gusanos amarillos de la harina (*Tenebrio molitor*) pueden acumular, degradar,

enantiomerizar y excretar varios fungicidas quirales como metalaxil, miclobutanil, diniconazol, epoxiconazol y benalaxil [54-58].

2.3. Metales tóxicos

La acumulación de metales tóxicos en los insectos comestibles se relaciona con el tipo de metal, la especie de insecto, la fase de crecimiento, los sustratos utilizados y la contaminación ambiental [30, 59-61]. La mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) y el grillo de campo (*Cryllus assimilis*), ambas especies de interés comercial, pueden acumular cadmio en su organismo [62-65]. Las moscas soldado también pueden acumular plomo, especialmente cuando se crían en sustratos enriquecidos con este metal pesado [64,66]. El plomo también ha sido detectado a niveles elevados en chapulines (saltamontes secos) procedentes de Méjico, identificándose como una de las fuentes causantes de un brote de envenenamiento por plomo en el condado de Monterey, California, Estados Unidos de América [67]. Con respecto al arsénico, algunos insectos, como las larvas del gusano amarillo de la harina, son capaces de acumularlo, lo que supone un problema en materia de seguridad alimentaria [66]. Además de todo lo anterior se ha observado que la quitina, polímero presente en el exoesqueleto de los insectos, adsorbe metales pesados, por lo que es importante tenerlo en cuenta en la cría de los insectos [68-70]. Por

todo ello, parece necesario controlar los niveles máximos de cadmio, plomo, arsénico, y mercurio en función de las especies de insectos.

2.4. Metales traza

Hay algunos metales traza que se acumulan en ciertas especies de insectos comestibles pudiendo suponer un riesgo para la salud. Es el caso del manganeso, que a elevadas concentraciones puede ser tóxico. Así, se han encontrado altas concentraciones de éste en termitas aladas comestibles de Benín, Sudáfrica y Zimbabue [71-73]. Sin embargo, todavía no está claro la biodisponibilidad de estos compuestos tras su consumo.

2.5. Otros contaminantes químicos de interés

- Retardantes de llama

Estas sustancias, que se añaden a los materiales combustibles para evitar incendios o su propagación, pueden bioacumularse en insectos comestibles. Se ha identificado polibromodifenil éter (PBDE) en grillos domésticos (*Acheta domesticus*) [74] y tributilsulfato en muestras de insectos comestibles de Bélgica [75].

- Dioxinas

Hasta la fecha no se ha podido documentar la acumulación de dioxinas y bifenilos policlorados (PCB) similares a las dioxinas en insectos comestibles. Sin embargo, diversos estudios [75, 76] demostraron que los PCB pueden

Cómo para cualquier alimento, la inocuidad de su consumo se garantiza a través de su control. Así pues, para su comercialización es necesaria su inclusión en la lista de nuevos alimentos de la Unión y para ello se tienen en cuenta las evaluaciones científicas de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria

acumularse en grillos, si bien las concentraciones detectadas se encontraban dentro de los límites seguros de acuerdo con la legislación europea [75].

- Aceites minerales

Se han observado niveles altos de hidrocarburos de aceite mineral (MOH) en insectos tales como la mosca soldado negra [65]. Sin embargo, dado que estas sustancias forman parte de los lípidos cuticulares de diferentes insectos, se debería estudiar el contenido original de estas sustancias en especies comestibles [77].

- Histamina

Se han documentado casos de toxicidad por histamina debido al consumo de insectos fritos (saltamontes, pupas de gusanos de seda) en Tailandia [78].

- Contaminantes procedentes de su producción y/o procesado

Durante la producción de insectos, éstos pueden contaminarse con sustancias presentes en materiales en contacto como plásticos, resinas, papel de aluminio y cartón prensado [79]. Por otro lado, en el procesado se pueden generar compuestos muy tóxicos como aminas aromáticas heterocíclicas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), cloropropanoles, furanos y acila-

mida, debido a reacciones (químicas o térmicas) entre los insectos y otros ingredientes [80]. Por tanto, se precisaría de una evaluación adicional para valorar la bioacumulación de estas sustancias en insectos destinados a consumo humano [81-82].

- Antimicrobianos

Existe escasa bibliografía sobre el empleo de antimicrobianos en el tratamiento de infecciones de insectos comestibles. Sin embargo, es posible que su cría precise del empleo de estas sustancias, por lo que deberían establecerse, como ya existe para el resto de animales de producción, unos límites máximos de residuos de estas sustancias [30].

- Genes de transferencia de resistencia antimicrobiana (AMR)

Estudios recientes muestran que pueden transferirse genes de AMR de bacterias resistentes a antimicrobianos (con origen en ambiente, agua y/o entorno) a bacterias de insectos comestibles [83-84]. Esto convierte a los genes AMR en una preocupación emergente, ya los insectos portarían determinantes genéticos que les conferirían resistencia a antibióticos tales como la eritromicina, tetraciclina, vancomicina, betalactámicos y aminoglucósidos [83-86].

- Potencial alergénico

Los insectos y crustáceos, tales como camarones y langostinos, pertenecen al filo de los artrópodos. Si bien las reacciones alérgicas a los mariscos son bien conocidas, los posibles riesgos alergénicos asociados con el consumo de insectos comestibles deben ser sometidos a una investigación exhaustiva. Por lo general, las personas alérgicas a los crustáceos lo suelen ser también a los insectos comestibles, debido a que el reconocimiento de proteínas similares puede desencadenar que el sistema inmunitario inicie una reacción alérgica [87-90]. Además de la reactividad cruzada, también existe un riesgo asociado con el desarrollo de una sensibilización asociada a las propias proteínas de la cutícula de los insectos, si bien la investigación en esta área debe ampliarse, ya que hay alérgenos de insectos que aún no se han identificado [91]. Por otro lado, el procesamiento de los insectos también puede desempeñar un papel fundamental en la mayor o menor alergenicidad que puede desencadenar el consumo de insectos, ya que las sustancias alergénicas se ven afectadas en mayor o menor medida por el tipo de procesado al que son sometidas [92]. También se ha determinado que las personas con alergias a los ácaros del polvo doméstico, además de a los crustáceos, pueden ser alérgicas a insectos como el gusano amarillo de la harina, el grillo doméstico y la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria*) [93-94].

3. Peligros físicos

Las partes duras de los insectos que se consumen enteros (mandíbulas, patas, alas y otros apéndices) pueden suponer peligros físicos, ya que pueden llegar a causar atragantamiento, perforaciones u obstruc-



Figura 6. Presentaciones comerciales de algunas especies de insectos comercializadas en España: Grillos (*Acheta domestica*) y larvas del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*).

comercializaban estos insectos en esta forma presentaban solicitud para su inclusión en la lista de la Unión, expiró el 2 de enero de 2020, y aunque estamos fuera del periodo fijado, las medidas transitorias se mantienen hasta que se tome una decisión acerca de su inclusión o no en la lista de la Unión (Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión, de 20 de diciembre de 2017, por el que se establece la lista de la Unión de nuevos alimentos,

de conformidad con el Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los nuevos alimentos).

Los insectos que se encuentran aún en esta situación son los siguientes:

- *Apis mellifera* (abeja).
- *Hermetia illucens* (mosca soldado negra).
- *Grylodes sigillatus* (grillo rallado).

CONCLUSIONES

El consumo de insectos en la UE no está tan extendido como en terceros países, donde tradicionalmente forman parte de la dieta habitual.

No obstante, la inclusión de insectos en la alimentación humana presenta una tendencia al alza, por ser nutritivos, ecológicamente sostenibles y ofrecer un mejor aprovechamiento de los recursos económicos.

Los peligros alimentarios que pueden aportar los insectos no son diferentes de los asociados a otros alimentos, si bien es necesario ampliar los estudios a este respecto.

Como para cualquier alimento, la inocuidad de su consumo se garantiza a través de su control. Así pues, para su comercialización es necesaria su inclusión en la lista de nuevos alimentos de la Unión y para ello se tienen en cuenta las evaluaciones científicas de la EFSA. ✓

BIBLIOGRAFÍA

1. FAO (2023). <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1603348/>
2. Rumpold B, Schlüter O. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2013; 57 (5): 802–823
3. Oibiopka FI, Akanya HO, Jigam AA, Saidu AN, Egwim EC. Protein quality of four indigenous edible insect species in Nigeria. *Food Science and Human Wellness*, 2018;7: 175–183.
4. Orkusz A. Edible Insects versus Meat-Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 2021; 13: 1207.
5. ONU. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2019. World Population Prospects 2019: Highlights. New York, USA, UN. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf
6. Miglietta P, De Leo F, Ruberti, M, Massari, S. Mealworms for food: A water footprint perspective. *Water*, 2015; 7: 6190–6203.
7. FAO, 2013. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. Disponible en: <https://www.fao.org/edible-insects/en/>
8. Van Huis, A. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 2013;58: 563–583.
9. Oninx D, de Boer I. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PlosOne*, 2012; 7 (12): 51145.
10. Oninx D, van Itterbeek J, Heetkamp M, van Den Brand H, van Loon J, van Huis A. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PlosOne*, 2013; 5 (12): 14445.
11. FAO 2021. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome.

BIBLIOGRAFÍA

12. Kozanayi W, Frost P. Marketing of mopane worm in southern Zimbabwe. opane worm market survey in southern Zimbabwe. *Institute of Environmental Studies, University of Zimbabwe*; 2002; 1-17.
13. Imathiu S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 2020; (18): 1-11.
14. Halloran A, Hanboonsong Y, Roos N, Bruun S. Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 2017;156: 83-94.
15. Fao 2011. La Seguridad Alimentaria: información para la toma de decisiones - Guía práctica. Disponible en: <https://www.fao.org/3/al936s/al936s00.pdf>
16. Mbah CE, Elekima GOV. Nutrient composition of some terrestrial insects in Ahmadu Bello University, Samaru Zaria Nigeria. *Science World Journal*, 2007; 2: 17-20.
17. Bodenheimer FS., Citrus Entomology. Dr. W Junk, publishers The Hague. 1951: 663p
18. Van Huis A. Insects as food in sub-saharan Africa. *Insect Science and Its Application* 2003; 23:163-185.
19. Doley AK, Kalita J. An investigation on edible insects and their role in Socio- economic development of rural communities: A case study on Edible insects of Dhemaji District of Assam (India). *Social Science Researcher*; 2011, 1: 1-11.
20. Raubenheimer D, Rothman J. Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annual Review of Entomology*, 2013; 58(1):141-160.
21. Jacob A, Emenike A, Kayode A, Olusegun O, Uzoma A, Rukayat K. Entomophagy: A Panacea for Protein-Deficient-Malnutrition and Food Insecurity in Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 2013; 5(6):25-31.
22. Ramos-Elorduy J. Anthro-po-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 2009; 39: 271-288.
23. Yen AL. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2015; 1: 33-55
24. Costa-Neto EM, Edible insects in Latin America: old challenges, new opportunities. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2016; 2: 1-2.
25. Kim TK, Yong HI, Kim YB, Kim HW, Choi YS. Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Science of Animal Resources*, 2019; 39: 521-540.
26. Raheem D, Carrascosa C, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Millán R, Raposo A. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019; 59: 2169-2188.
27. Centro de Geo-información, Ron van Lammeren, Universidad Wageningen, basado en datos compilados por Jongema (2017)
28. Jongema Y. List of Edible Insect Species of the World. 2017. Laboratory of Entomology, Wageningen University, The Netherlands. Disponible en: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>.
29. Cerritos R. Insects as food: an ecological, social and economical approach. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2009; 4(27): 1-10.
30. EFSA Comité Científico. Scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed . *EFSA Journal*, 2015; 13, 4257.
31. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens). 2021. Scientific opinion on the safety of yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 2021; 19: 6343.
32. Li L, Xie B, Dong C, Wang M, Liu, H. Can closed artificial ecosystem have an impact on insect microbial community? A case study of yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) *Ecological Engineering*, 2016; 86: 183-189.
33. Murefu TR, Macheke L, Musundire R, Manditsera FA. Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, 2019;101: 209-224.
34. Kooh P, Verweris E, Tesson V, Boué G, Federighi M. Entomophagy and public health: A review of microbiological hazards. *Health*, 2019;11:1272-1290.
35. Vandeweyer D, Crauwels S, Lievens B, van Campenhout L. Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus* and *Grylodes sigillatus*) from different rearing companies and different production batches. *International Journal of Food Microbiology*, 2017; 242:13-18

BIBLIOGRAFÍA

36. Braide W, Oranus S, Udegbunam LI, Oguoma O, Akobundu C, Nwaoguikpe R N. Microbiological Quality of an Edible Caterpillar of an Emperor Moth, *Bunaea alcinoe*. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 2011; 3: 176-180.
37. Amadi EN, Kiln-Kabari DB. Nutritional Composition and Microbiology of Some Edible Insects Commonly Eaten in Africa, Hurdles and Future Prospects: A Critical Review. *Journal of Food: Microbiology, Safety & Hygiene*, 2016,1:107.
38. Garofalo C, Milanovic V, Cardinali F, Aquilanti L, Clementi F, Osimani A. Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Research International*, 2019; 125: 108527.
39. Vandeweyer D, Lievens B, van Campenhout L. Identification of bacterial endospores and targeted detection of foodborne viruses in industrially reared insects for food. *Nature Food*, 2020; 1: 511–516.
40. Osimani A, Garofalo C, Milanovic V, Taccari M, Cardinali F, Aquilanti L, Pasquini M, Mozzon M, Raffaelli N, Ruschioni S, Rioli P, Isidoro N, Clementi, F. Insight into the proximate composition and microbial diversity of edible insects marketed in the European Union. *European Food Research and Technology*, 2017; 243: 1157–1171.
41. Schlüter O, Rumpold B, Holzhauser T, Roth A, Vogel RF, Quasigroch W, Vogel S, Heinz V, Jäger H, Bandick N, Kulling S, Knorr D, Steinberg P, Engel KH. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2017; 61 : 1600520
42. Chai JY, Shin EH, Lee SH, Rim HJ. Foodborne Intestinal Flukes in Southeast Asia. *The Korean Journal of Parasitology*, 2009; 47: S69.
43. Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti M, Ricci A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2013; 12 (3): 296–313.
44. Lee HL, Chandrawathani P, Wong WY, Tharam S, Lim WY. A case of human enteric myiasis due to larvae of *Hermetia illucens* (Family: Stratiomyidae): first report in Malaysia. *Malaysian Journal of Pathology*, 1995;17: 109–111
45. Wang YS, Shelomi M, Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, 2017; 6:91.
46. Graczyk TK, Knight R, Tamang L. Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. *Clinical Microbiology Reviews*, 2005; 18:128–132.
47. Galecki R, Sokół R. A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals. *Plos one*, 2019; 14: e0219303
48. 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. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2018; 17: 1172–1183.
49. De Paepe E, Wauters J, van Der Borgh M, Claes J, Huysman S, Croubels S, Vanhaecke L. Ultra-high-performance liquid chromatography coupled to quadrupole orbitrap high-resolution mass spectrometry for multi-residue screening of pesticides, (veterinary) drugs and mycotoxins in edible insects. *Food Chemistry*, 2019; 293: 187–196.
50. Chariton AJ, Dickinson M, Wakefield ME, Fitches E, Kenis M, Han R, Zhu F, Kone N, Grant M, Devic E, Bruggeman G, Prior R, Smith R . Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2015;1: 7–16.
51. Mpuchane SF, Taligoola HK, Gashe, BA. Fungi associated with *Imbrasia belina* an edible caterpillar. *Botswana Notes and Records*, 1996; 28: 193–198.
52. Mpuchane S, Gashe BA, Allotey J, Siame B, Teferra G, Dithogo M. Quality deterioration of phane, the edible caterpillar of an emperor moth *Imbrasia belina*. *Food control*, 2000; 11: 453–458
53. Houbraken M, Spranghers T, De Clercq P, Cooreman-Algoed M, Couchement T, De Clercq G, Verbeke S, Spanoghe P. Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) for human consumption. *Food Chemistry*, 2016; 201: 264–269.
54. Liu C, Tian Lv X, Zhu WX, Yang Qu H, Gao YX, Guo BY, Wang HL. Enantioselective bioaccumulation of diniconazole in *Tenebrio molitor* larvae. *Chirality*, 2013; 25: 917–922.
55. Lv X, Liu C, Li Y, Gao Y, Guo B, Wang H, Li J. Bioaccumulation and excretion of enantiomers of myclobutanil in *Tenebrio molitor* larvae through dietary exposure. *Chirality*, 2013 ; 25 : 890–896.
56. Gao Y, Chen J, Wang H, Liu C, Lv X, Li J, Guo B. Enantiomerization and Enantioselective Bioaccumulation of Benalaxyl in *Tenebrio molitor* Larvae from Wheat Bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013 ;61: 9045–9051

BIBLIOGRAFÍA

57. Gao Y, Wang H, Qin F, Xu P, Lv X, Li J, Guo B. Enantiomerization and enantioselective bioaccumulation of metalaxyl in *Tenebrio molitor* larvae. *Chirality*, 2014 ; 26, pp . 88–94.
58. Lv X, Liu C, Li Y, Gao Y, Wang H, Li J, Guo B. Stereoselectivity in bioaccumulation and excretion of epoxiconazole by mealworm beetle (*Tenebrio molitor*) larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2014; 107: 71–76.
59. Vijver M, Jager T, Posthuma L, Peijnenburg W. Metal uptake from soils and soil–sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2003; 54: 277–289.
60. Zhang ZS, Lu XG, Wang QC, Zheng DM. Mercury, cadmium and lead biogeochemistry in the soil–plant–insect system in Huludao City. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2009; 83: 255–259.
61. Greenfield R, Akala N, Van Der Bank FH. Heavy metal concentrations in two populations of mopane worms (*Imbrasia belina*) in the Kruger National Park pose a potential human health risk. *Contamination and Toxicology*, 2014; 93: 316–321
62. Diener S, Zurbrügg C, Tockner K. Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2015; 1: 261–270.
63. Bednarska AJ, Opyd M, Żurawicz E, Laskowski R. Regulation of body metal concentrations: toxicokinetics of cadmium and zinc in crickets. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2015; 119: 9–14.
64. Purschke B, Scheibelberger R, Axmann S, Adler A, Jäger H. Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Additives & Contaminants, Part A*, 2017; 34:1410–1420.
65. van der Fels-Klerx HJ, Meijer N, Nijkamp MM, Schmitt E, van Loon J. Chemical food safety of using former foodstuffs for rearing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for feed and food use. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2020; 6:475–488.
66. van der Fels-Klerx HJ, Camenzuli L, van Der Lee MK, Oonincx DGAB. Uptake of cadmium, lead and arsenic by *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* from contaminated substrates. *Plos one*, 2016; 11: e0166186.
67. Handley MA, Hall C, Sanford E, Diaz E, Gonzalez-Mendez E, Drace, K, Wilson R, Villalobos M, Croughan M. Globalization, binational communities, and imported food risks: results of an outbreak investigation of lead poisoning in Monterey County, California. *American Journal of Public Health*, 2007; 97:900–906.
68. Bailey SE, Olin TJ, Bricka RM, Adrian DD. A review of potentially low- cost sorbents for heavy metals. *Water Research*, 1999;33: 2469–2479.
69. Anastopoulos I, Bhatnagar A, Bikiaris D, Kyzas G. Chitin Adsorbents for Toxic Metals: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 2017;18 (1): 114.
70. Boulaiche W, Hamdi B, Trari M. Removal of heavy metals by chitin: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Applied Water Science*, 2019;9: 39.
71. O’Neal SL, Zheng W. Manganese toxicity upon overexposure: a decade in review. *Current Environmental Health Reports*, 2015; 2: 315–328.
72. Payne CLR, Umemura M, Dube S, Azuma A, Takenaka C, Nonaka, K. The mineral composition of five insects as sold for human consumption in Southern Africa. *African Journal of Biotechnology*, 2015; 14: 2443–2448.
73. Verspoor RL, Soglo M, Adeoti R, Djouaka R, Edwards S, Fristedt R, Langton M, Moriana R, Osborne M, Parr CL, Powell K, Hurst GDD, Landberg R. Mineral analysis reveals extreme manganese concentrations in wild harvested and commercially available edible termites. *Scientific Reports*, 2020; 10:6146.
74. Gaylor MO, Harvey E, Hale RC. House crickets can accumulate polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) directly from polyurethane foam common in consumer products. *Chemosphere*, 2012; 86: 500–505.
75. 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 and Chemical Toxicology*, 2017; 100: 70–79
76. Paine JM, McKee MJ, Ryan ME. Toxicity and bioaccumulation of soil PCBs in crickets: comparison of laboratory and field studies. *Environmental Toxicity and Chemistry*, 1993; 12: 2097–2103.
77. EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). Scientific opinion on mineral oil hydrocarbons in food . *EFSA Journal*, 2012; 10, 2704
78. Chomchai S, Chomchai C. Histamine poisoning from insect consumption: an outbreak investigation from Thailand. *Clinical Toxicology*, 218; 56: 126–131.
79. Pinotti L, Giromini C, Ottoboni M, Tretola M, Marchis, D. Review: Insects and former foodstuffs for upgrading food waste biomasses/streams to feed ingredients for farm animals. *Animal*, 2019; 13: 1365–1375.

BIBLIOGRAFÍA

80. Fernandez-Cassi X, Supeanu A, Jansson A, Boqvist S, Vagsholm I. Novel foods: a risk profile for the house cricket (*Acheta domestica*). *EFSA Journal*, 2018;16: e16082
81. IARC (International Agency for Research on Cancer). Some naturally occurring substances: Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Lyon, IARC. 1993;56: 599
82. van Huis A, Edible insects are the future? Proceedings of the Nutrition Society, 2016; 75: 294–305.
83. Roncolini A, Cardinali F, Aquilanti L, Milanovic V, Garofalo C, Sabbatini R, Abaker, MSS, Pandolfi M, Pasquini M, Tavoletti S, Clementi F, Osimani A. Investigating antibiotic resistance genes in marketed ready-to-eat Small crickets (*Acheta domestica*). *Journal of Food Science*, 2019; 84: 3222–3232.
84. Vandeweyer D, Milanovic V, Garofalo C, Osimani A, Clementi F, van Campenhout L, Aquilanti L. Real-time PCR detection and quantification of selected transferable antibiotic resistance genes in fresh edible insects from Belgium and the Netherlands. *International Journal of Food Microbiology*, 2019; 290: 288–295.
85. Osimani A, Cardinali F, Aquilanti L, Garofalo C, Roncolini A, Milanovic V, Pasquini M, Tavoletti S, Clementi F. Occurrence of transferable antibiotic resistances in commercialized ready-to-eat mealworms (*Tenebrio molitor* L.). *International Journal of Food Microbiology*, 2017; 263: 38–46.
86. Osimani A, Milanovic V, Garofalo C, Cardinali F, Roncolini A, Sabbatini R, De Filippis F, Ercolini D, Gabucci C, Petruzzelli A, Tonucci F, Clementi F, Aquilanti, L. Revealing the microbiota of marketed edible insects through PCR- DGGE, metagenomic sequencing and real-time PCR. *International Journal of Food Microbiology*, 2018; 276 :54–62.
87. Reese G, Ayuso R, Lehrer SB. Tropomyosin: an invertebrate pan-allergen. *International Archives of Allergy and Immunology*, 1999; 119: 247–258.
88. Srinroch C, Srisomsap C, Chokchaichamnankit D, Punyarit P, Phiriyangkul P. Identification of novel allergen in edible insect, *Gryllus bimaculatus* and its cross- reactivity with *Macrobrachium* spp. allergens. *Food Chemistry*, 2015;184:160–166.
89. Broekman H, Verhoeckx KC, Den Hartog Jager CF, Kruizinga AG, Pronk- Kleinjan M, Remington BC, Bruijnzeel-Koomen CA, Houben GF, Knulst AC. Majority of shrimp-allergic patients are allergic to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 216; 137: 1261–1263
90. Broekman HCHP, Knulst AC, Den Hartog Jager CF, van Bilsen JHM, Raymakers FML, Kruizinga AG, Gaspari M, Gabriele C, Bruijnzeel-Koomen CAFM, Houben GF, Verhoeckx KCM. Primary respiratory and food allergy to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2017; 140: 600–603.
91. 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? *Molecular Nutrition & Food Research*, 2017; 61: 1601061
92. Phiriyangkul P, Srinroch C, Srisomsap C, Chokchaichamnankit D, Punyarit P. Effect of food thermal processing on allergenicity proteins in Bombay locust (*Patanga Succincta*). *ETP International Journal of Food Engineering*, 2015; 1:23-28.
93. Verhoeckx KCM, van Broekhoven S, Den Hartog-Jager CF, Gaspari M, De Jong GAH, Wichers HJ, van Hoffen E, Houben GF, Knulst AC. House dust mite (*Der p 10*) and crustacean allergic patients may react to food containing yellow mealworm proteins. *Food and Chemical Toxicology*, 2014; 65: 364–373.
94. Pali-Schöll I, Meinschmidt P, Larenas-Linnemann D, Purschke B, Hofstetter G, Rodríguez-Monroy FA, Einhorn L, Mothes-Luksch N, Jensen-Jarolim E, Jäger, H. Edible insects: Cross-recognition of IgE from crustacean- and house dust mite allergic patients, and reduction of allergenicity by food processing. *World Allergy Organization Journal*, 2019;12: 100006.
95. ANSES. French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety. The use of insects as food and feed and the review of scientific knowledge on the health risks related to the consumption of insects. 2015. Maisons-Alfort . 38. Disponible en: <https://www.anses.fr/en/system/files/BIORISK-2014sa0153EN.pdf>
96. EFSA 2023. EU Novel food catalogue. Disponible en: https://webgate.ec.europa.eu/fip/novel_food_catalogue/.
97. AESAN 2023. Catálogo público de nuevos alimentos. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/catalogo_publico_nuevos_alimentos.htm
98. European Commission. Human Consumption to a Significant Degree. Information and Guidance Document. 2009. Disponible en: https://food.ec.europa.eu/system/files_en?file=2016-10/novel-food_guidance_human_consumption_en.pdf
99. AESAN 2023. Situación de los insectos en alimentación humana. 2023 Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/INSECTOS_ALIMENTACION_.pdf