



IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE INSECTOS EN LA INGESTA DE NUTRIENTES

*Facultad de Farmacia de La Universidad de La Laguna
Grado de Nutrición Humana y Dietética
Trabajo de Fin de Grado 2023/24*

Alumno:

Acorán Jesús González González

Tutores:

Elena María Rodríguez Rodríguez

Jesús de las Heras Roger

ÍNDICE:

1. RESUMEN	
2. ABSTRACT	
3. INTRODUCCIÓN.....	1
4. OBJETIVOS.....	3
5. METODOLOGÍA.....	3
6. LEGISLACIÓN.....	4
7. CONSUMO A NIVEL MUNDIAL.....	7
8. PRODUCCIÓN NACIONAL Y EN CANARIAS.....	8
9. CULTIVO.....	10
10. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	12
Proteínas:.....	12
Grasa:.....	14
Carbohidratos:.....	16
Minerales y vitaminas:.....	16
11. EFECTOS SOBRE LA SALUD.....	18
12. CONCLUSIONES.....	19
13. BIBLIOGRAFÍA:.....	20

1. RESUMEN

Desde los finales del siglo XX se están buscando fuentes de nutrientes alternativas a las convencionales con el objetivo de abastecer a una población mundial en continuo crecimiento. Esto ha hecho que se haya desarrollado la Entomofagia, “Práctica de comer insectos”, como una alternativa alimentaria, la cual puede dar solución a los problemas derivados del cambio climático por su mejor sostenibilidad y rentabilidad económica, a la vez que menor impacto ambiental.

Este trabajo surge de la necesidad de realizar un análisis en profundidad de la entomofagia para conocer cuál es la legislación vigente que regula la comercialización de insectos comestibles en Europa, además de las especies permitidas y sus formas de uso, el consumo mundial de insectos, como se realiza su cultivo, que empresas se dedican a su producción en España. También se estudian los nutrientes que aportan y los efectos sobre la salud.

Actualmente en Europa hay 4 especies de insectos autorizadas y otras 3 están a la espera de resolución. A nivel mundial, su mayor producción y consumo se centra en diversos países de Asia, África y América Latina. En España hay dos empresas dedicadas a la producción y comercialización sobre todo de *Tenebrio Molitor* (gusano de la harina). Para su consumo se suelen secar, convertir en harinas, y mezclar con otros ingredientes alimentarios. Aportan principalmente proteínas y lípidos, siendo también importante su contenido en minerales y vitaminas, pero estos contenidos se ven influenciados por la especie, el sexo, su desarrollo evolutivo y el método de producción, entre otros factores. Aunque su consumo se relaciona con efectos beneficiosos para la salud, es importante tener en cuenta su alergenicidad.

Palabras clave: entomofagia, insectos comestibles, composición nutricional, legislación

2. ABSTRACT

Since the end of the 20th century, alternative sources of nutrients to conventional ones have been sought with the aim of supplying a continuously growing world population. This has led to the development of Entomophagy, “Practice of eating insects”, as a food alternative, which can provide a solution to the problems derived from climate change due to its better sustainability and economic profitability, as well as less environmental impact.

This work arises from the need to carry out an in-depth analysis of entomophagy to know what is the current legislation that regulates the commercialization of edible insects in Europe, in addition to the permitted species and their forms of use, the world consumption of

insects, how their cultivation is carried out, which companies are dedicated to their production in Spain. The nutrients they provide and the effects on health are also studied.

Currently in Europe there are 4 authorized insect species and another 3 are awaiting resolution. Globally, its largest production and consumption is concentrated in various countries in Asia, Africa and Latin America. In Spain there are two companies dedicated to the production and commercialization of *Tenebrio Molitor* (mealworm). For consumption, they are usually dried, turned into flour, and mixed with other food ingredients. They mainly provide proteins and lipids, and their mineral and vitamin content is also important, but these contents are influenced by species, sex, evolutionary development and production method, among other factors. Although its consumption is related to beneficial health effects, it is important to take into account its allergenicity.

Keywords: entomophagy, edible insects, nutritional composition, legislation

3. INTRODUCCIÓN

A causa del crecimiento poblacional a nivel mundial, comienzan a aparecer limitaciones y dudas acerca del completo abastecimiento nutricional para todas estas personas; y en el caso de conseguirlo, existe cierta preocupación acerca del impacto sobre el medio ambiente causado para llegar a estos objetivos. La previsión para el año 2050 es que la población mundial llegue a cifras de 10 mil millones de habitantes **(1)**, lo que obligará cada vez más a mejorar cultivos y encontrar otras formas de producción de alimentos para satisfacer las necesidades de toda la población.

La entomofagia, que se define como “Hecho o práctica de comer insectos” **(2)**, puede ser una buena alternativa alimentaria al presentar los insectos un considerable aporte nutricional, un menor impacto ambiental (por menor “huella de carbono”) en comparación con otras fuentes proteicas consumidas en la actualidad, además de un menor costo de producción total.

Este tipo de alimentos suele consumirse en mayor cantidad en zonas donde el aporte nutricional por parte de alimentos convencionales se ve limitado y deben obtenerse de fuentes alternativas tal y como se muestra en la Figura 1. Algunos tienen uso medicinal en tribus de África, y también poblaciones como Asia o América del Norte, y en menor medida en Oceanía, incluyen insectos dentro de la dieta normal.**(3,4)** Se han planteado como una posible opción para que formen parte de la composición de los productos alimentarios destinados al consumo de animales, tanto de ganado como de hogar.



Figura 1: Vendedor ambulante de insectos comestibles [Fuente: Informe de la FAO “Looking at edible insects from a food safety perspective”] **(4)**

Estos alimentos presentan gran cantidad de macro y micronutrientes, existiendo miles de especies ricas en grasas, proteínas de elevada calidad y minerales, capaces de cubrir las necesidades nutricionales de la población, además de contar con un factor primordial que es la elevada tasa de reproducción debido al corto tiempo de vida de la mayoría de insectos, lo que se traduce en un crecimiento rápido y un menor impacto ambiental como se comentó anteriormente (4, 5, 6).

En la Figura 2 se puede observar la comparación entre distintas especies respecto a factores como el aprovechamiento del animal, sus requerimientos de alimentación, agua, potencial de calentamiento global y uso de tierra, cada una con sus respectivas unidades, observando cómo podemos obtener un mayor beneficio y rentabilidad en comparación con otros modelos de producción convencionales.

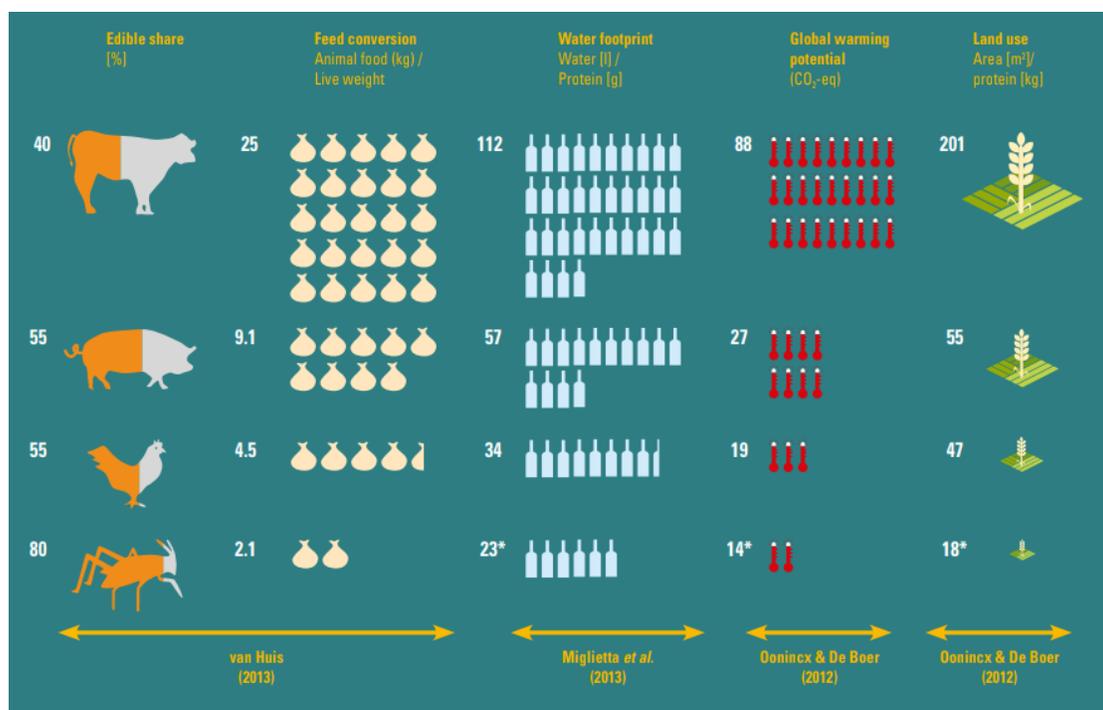


Figura 2: Comparación de la conversión alimentaria, agua, potencial de calentamiento global y tierra necesaria para producir 1 kg de proteína del animal vivo, además del porcentaje comestible de cada especie. [Fuente: Informe de la FAO “Looking at edible insects from a food safety perspective”] (4)

Además, hay que tener en cuenta la baja aceptación a nivel social que tiene el consumo de este tipo de alimentos, sobre todo en aquellas poblaciones donde su presencia se haya relacionado únicamente con factores negativos o perjudiciales para la salud. Asimismo, en Europa, existe una limitación de la libre comercialización, donde cuerpos administrativos como la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) deben garantizar la total ausencia de peligros toxicológicos u asociados que puedan poner en peligro la salud de los consumidores. Estos organismos se

encargan de asegurar que los productos comercializados en Europa que contengan componentes provenientes de insectos, sean aptos y seguros para el consumo humano. (5,6,7,8)

4. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es la realización en profundidad de una revisión bibliográfica que nos acerque al conocimiento del consumo actual de insectos en las sociedades y su valor nutricional.

Con este objetivo principal se realizó una investigación sobre qué insectos son los más consumidos y cuáles son los realmente autorizados en la Unión Europea, así como los principales métodos de cultivo y la legislación que regula su uso y consumo. En este sentido también se ahondó en conocer que empresas comercializan estos alimentos actualmente en España.

Por último, se realizó un estudio en profundidad de lo publicado acerca de su composición nutricional y de los posibles efectos que puedan tener sobre la salud.

5. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este trabajo, se realizó una revisión de tipo bibliografía de artículos científicos tanto a través de motores de búsqueda como “Punto Q” perteneciente a la Universidad de La Laguna, además de utilizar bases de datos como PubMed, Google Scholar o ScienceDirect. También se realizaron búsquedas de páginas web de organismos institucionales a nivel nacional como la AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición) e internacional como la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria por sus siglas en inglés).

La búsqueda se realizó mediante palabras clave como “entomophagy”, “edible insectos”, “risks/benefits of insects consumption”, “nutritional insect profile” “global insect consumption” entre otras, además de también realizar búsquedas con la correspondiente traducción al español de estos términos.

Principalmente se realizaron búsquedas de artículos publicados desde 2020 en adelante, concretamente X a excepción de otros de años anteriores que aportan datos específicos y son de relevancia en este campo.

6. LEGISLACIÓN

Los insectos estarían incluidos en la definición de “nuevo alimento” en el Reglamento (UE) 2015/2283 **(9)**, en el que se indica que “sobre la base de los avances científicos y tecnológicos ocurridos desde 1997, conviene revisar, aclarar y actualizar las categorías de alimentos que constituyen nuevos alimentos”. Además de los insectos enteros y sus partes, se incluyen otros elementos como alimentos con estructura molecular nueva o alimentos a partir de material de origen mineral entre otros.

A la hora de aplicar este reglamento existen dos tipos de procedimientos:

- Procedimiento de solicitud de autorización de nuevos alimentos.
- Procedimiento de notificación para aquellos alimentos de carácter tradicional que provengan de terceros países, que se basará en el historial de uso alimentario seguro del tercer país en cuestión, siendo necesario que el alimento en cuestión haya sido consumido al menos durante veinticinco años como parte de la dieta habitual de una cantidad significativa de la población.

A modo de resumen, cualquier operador físico o jurídico que quiera comercializar insectos destinados a la alimentación humana dentro de la Unión Europea (UE), deberá presentar una solicitud de autorización o notificación, en base a uno de los dos procedimientos. A posteriori, una vez que la Comisión Europea (CE) admite el nuevo alimento en sus listas (tal como prevé el reglamento), podrá iniciarse su distribución y comercialización. El procedimiento de autorización para comercializar un nuevo alimento en la UE **(10)** se basa en tres puntos importantes indicados en la Tabla 1.

Para los insectos enteros que puedan comercializarse en la UE, dentro del Reglamento (UE) 2015/2283 se incluyó un periodo transitorio de un año (hasta 1 de enero de 2019), en el que se permitió su comercialización hasta que se adoptasen una decisión de acuerdo al proceso de autorización de nuevos alimentos o con el proceso de autorización de alimentos de carácter tradicionales provenientes de terceros países previstos en dicho Reglamento. Esta regulación también estableció las normas sanitarias e higiénicas que deben cumplir los insectos destinados al consumo humano, así como las condiciones de etiquetado y de presentación del

producto. Esto es necesario para que las empresas que comercialicen productos a partir de estos insectos para ser incluidos dentro de la lista de la UE, pudieran continuar su comercialización hasta el 2 de febrero de 2020 como máximo, ya que en esta fecha la CE debería haber dictado su opinión acerca de si se incluían en la lista o no.

Tabla 1: Procedimiento de autorización para comercialización de un nuevo alimento en la UE (10)

Punto	Desarrollo
Establecimiento de estatus de nuevo alimento	Debe demostrarse por parte del operador alimentario la confirmación del consumo significativo del producto en cuestión dentro de la alimentación humana en la UE antes del 15 de mayo de 1997. Para poder determinar la condición de nuevo alimento de un alimento en particular, debe realizarse una solicitud de consulta, cuya validez deberá ser verificada por los Estados miembros, estableciendo por tanto una serie de normas dentro del proceso de verificación.
Demostración de historia de consumo significativo	En el hipotético caso de no hallar información respecto al apartado mencionado anteriormente, será el productor, importador u otro operador encargado de la comercialización del producto en el mercado de la UE al que le corresponde aportar a las autoridades correspondientes la información que se precise para justificar que el producto de interés no se incluye dentro del Reglamento 2015/2283, ya que debe ser el operador económico el principal responsable del cumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad alimentaria.
Procedimiento de solicitud	En el caso de que se confirme la condición de nuevo alimento, será necesario que el producto se someta a una evaluación de seguridad por la EFSA de manera previa a la autorización de comercialización en toda la UE, en consonancia con el Reglamento (UE) 2015/2283 en materia a los nuevos alimentos.

En junio de 2021 se realizó la primera autorización para la comercialización en Europa de un insecto, concretamente de la larva de *Tenebrio Molitor*, conocido como gusano de la harina. En la actualidad, están autorizadas cuatro especies de insectos

dentro del Reglamento (UE) 2015/2283. En la Tabla 2 se resumen las formas autorizadas, el reglamento, la fecha de autorización y de protección de datos.

Además de las especies nombradas anteriormente, destacan otras como *Apis mellifera* (abeja), *Gryllodes sigillatus* (grillo rayado) o *Hermetia illucens* (mosca soldado negra) que se encuentran acogidas por las medidas transitorias establecidas en el Reglamento (UE) 2015/2283 y están la espera de la decisión sobre su inclusión o no en la lista de la UE mediante el reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470.

Tabla 2: Especies permitidas para consumo en la UE (11)

Nombre	Formas autorizadas para comercialización	Reglamento	Fecha de autorización	Protección de datos hasta
Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (gusano de la harina)	Desecada	Reglamento de Ejecución (UE) 2021/882 de la Comisión	22/06/2021	22/06/2026
	Congelada, desecada y en polvo	Reglamento de Ejecución (UE) 2022/169 de la Comisión	01/03/2022	1/03/2027
<i>Locusta migratoria</i> (langosta migratoria)	Congelada, desecada y en polvo	Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1975 de la Comisión	05/12/2021	05/12/2026
<i>Acheta domesticus</i> (grillo doméstico)	Congelada, desecada y en polvo	Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188 de la Comisión	03/03/2022	03/03/2027
	Polvo parcialmente desgrasado	Reglamento de Ejecución (UE) 2023/5 de la Comisión	24/01/2023	24/01/2028
Larvas de <i>Alphitobius diaperinus</i> (escarabajo del estiércol)	Congelada, en pasta, desecada y en polvo	Reglamento de Ejecución (UE) 2023/58 de la Comisión	26/01/2023	26/01/2028

Por último, debe destacarse que, si la solicitud de inclusión en las listas de la UE presenta protección de datos, solamente la empresa que presente esta solicitud podrá realizar la comercialización de la especie en cuestión, a menos que exista una solicitud pendiente que esté sujeta a medidas transitorias de tipo genérico.

7. CONSUMO A NIVEL MUNDIAL

El consumo de insectos será mayor en aquellos lugares donde forme parte de su cultura o costumbres fuertemente arraigadas al estilo de vida o en aquellas poblaciones o sociedades, en los que es más difícil acceder a fuentes de proteínas que son más comunes en el primer mundo como carnes, pescados, huevos o leche entre otros, por lo que también se puede relacionar de cierta forma el estatus socioeconómico con el consumo habitual de insectos.

Asia es de las zonas con mayor consumo, sobre todo países como China, con un consumo significativo y demostrado en la población en general **(12)**, también África en países como Uganda, Kenia o Ghana) o América Latina. Cada vez más se están produciendo en mayor cantidad en países de Europa, entre los que destaca España**(13)**. A continuación, en la Figura 3 podemos observar países junto a sus números registrados de especies comestibles en distintos países.

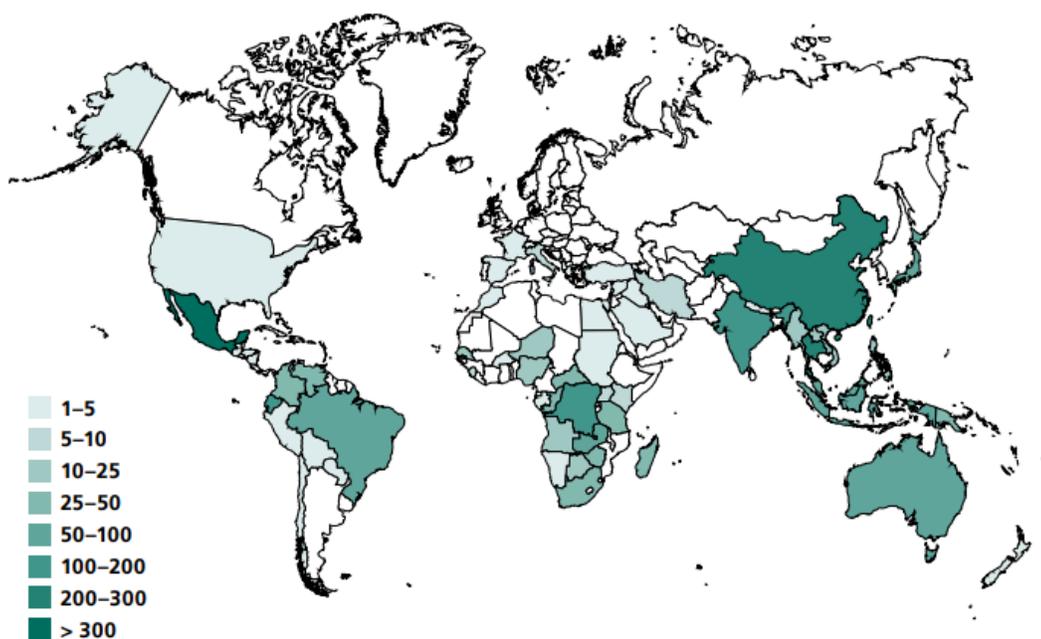


Figura 3: Número registrado de especies de insectos comestibles por país (Edible insects: Future prospects for food and feed security), 2013 **(14)**

México es una de las poblaciones con mayor diversidad alimentaria respecto a los insectos, ya que se consumen más de 500 especies distintas, seguido de localizaciones como China, con un consumo superior a 300 especies. **(15)**

A continuación, en la Figura 4 se presenta el número de insectos comestibles según el distinto orden taxonómico, siendo los coleópteros la especie que más se produce.

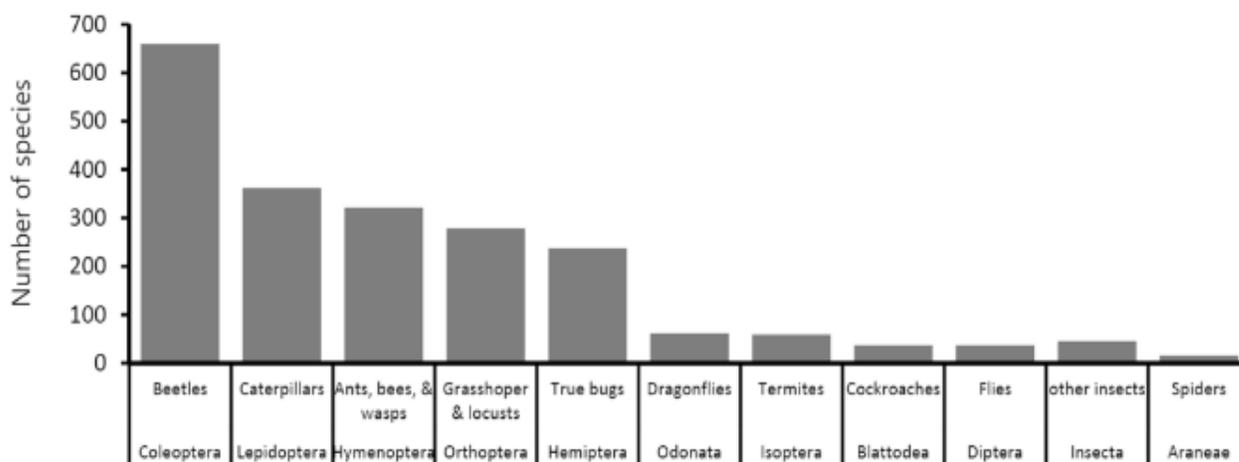


Figura 4: Número de especies de insectos comestibles según su orden taxonómico **(16)**

Respecto al consumo, también deben tenerse en cuenta la estigmatización de este tipo de fuentes alternativas dentro de la dieta habitual, debido a factores culturales, psicológicos/conductuales, higiénicos e informativos entre otros. Por eso mismo, debe considerarse la introducción progresiva de alimentos y/o productos alimenticios creados a partir de insectos, y realizar de forma paralela una labor informativa que dé a conocer sus beneficios tanto a nivel nutricional como medioambiental. **(17, 18)**

8. PRODUCCIÓN NACIONAL Y EN CANARIAS

En Canarias, actualmente no existen empresas dedicadas a este tipo de productos. Aun así, se ha realizado una propuesta del parlamento de Canarias a la EFSA para promover el consumo de cochinilla (*Dactylpius coccus*) que podría utilizarse para impulsar el sector de la cochinilla, ya que hasta el momento solo se aprovecha parcialmente por la extracción de su colorante. De esta forma se garantiza la supervivencia del mismo y se aumentaría la capacidad de la industria alimentaria

canaria ya que la producción y consumo de este insecto se volvería un elemento diferencial y único de las islas. **(19)**.

A día de hoy, la producción de insectos es un sector en expansión en nuestro país. Se debe tener en cuenta que el uso final del insecto no se limita exclusivamente a la alimentación humana, sino que cada vez más aparece en productos para alimentación animal o valorización de residuos orgánicos a nivel industrial, destacando los dos primeros como una clara alternativa por su aporte de proteínas. **(20)**

Una de las principales especies utilizada por la industria alimentaria usada en la industria tanto a nivel nacional como europeo es *Tenebrio Molitor*. Se emplea entre otros usos en el desarrollo de productos novedosos, de cara a la sustitución de otras fuentes de nutrientes ampliamente presentes en la dieta occidental como pueden ser los productos cárnicos. **(21)**

En España destacan dos empresas que se dedican a la producción y comercialización de productos elaborados a partir de insectos:

- Galinsect **(22)**, de origen gallego y especializada en la producción a partir del insecto *Tenebrio Molitor* (gusano de la harina), elegido por su rápido ciclo de vida, capacidad de reproducción y perfil nutricional, produciendo productos para la alimentación animal y agricultura.
- Tebrio **(23)**: Con sede en Salamanca, Tebrio es la primera empresa española transformadora de insectos que ha conseguido el certificado de calidad ISO-9001. Producen *Tenebrio molitor* para alimentación humana y animal, agricultura y aplicaciones industriales, donde se incluyen cosmética o textil entre otros.

Por último y dado el fuerte impacto de las redes sociales, existen empresas online como Insectum, dedicada a la venta de insectos comestibles y que destaca por su amplio abanico de productos y opciones como cervezas, dulces, pasta, barritas de proteínas o galletas y snacks entre otros. **(24)**

Por tanto, se observa que cada vez se invierte más en este sector de alimentación debido a su prometedor futuro como posible sustituto de otras fuentes proteicas y gran versatilidad de cara a distintas opciones de productos que faciliten su incorporación al consumo habitual de la población.

9. CULTIVO

Si bien es necesaria una elevada tasa de cultivo de insectos para la producción de productos a partir de los mismos, se puede destacar que este proceso variará en función de aspectos como el sexo, la especie, el momento dentro del desarrollo evolutivo entre otros. En la Figura 5 se muestra un resumen del proceso. Los métodos de producción y cultivo más utilizados se incluyen en la Tabla 3.

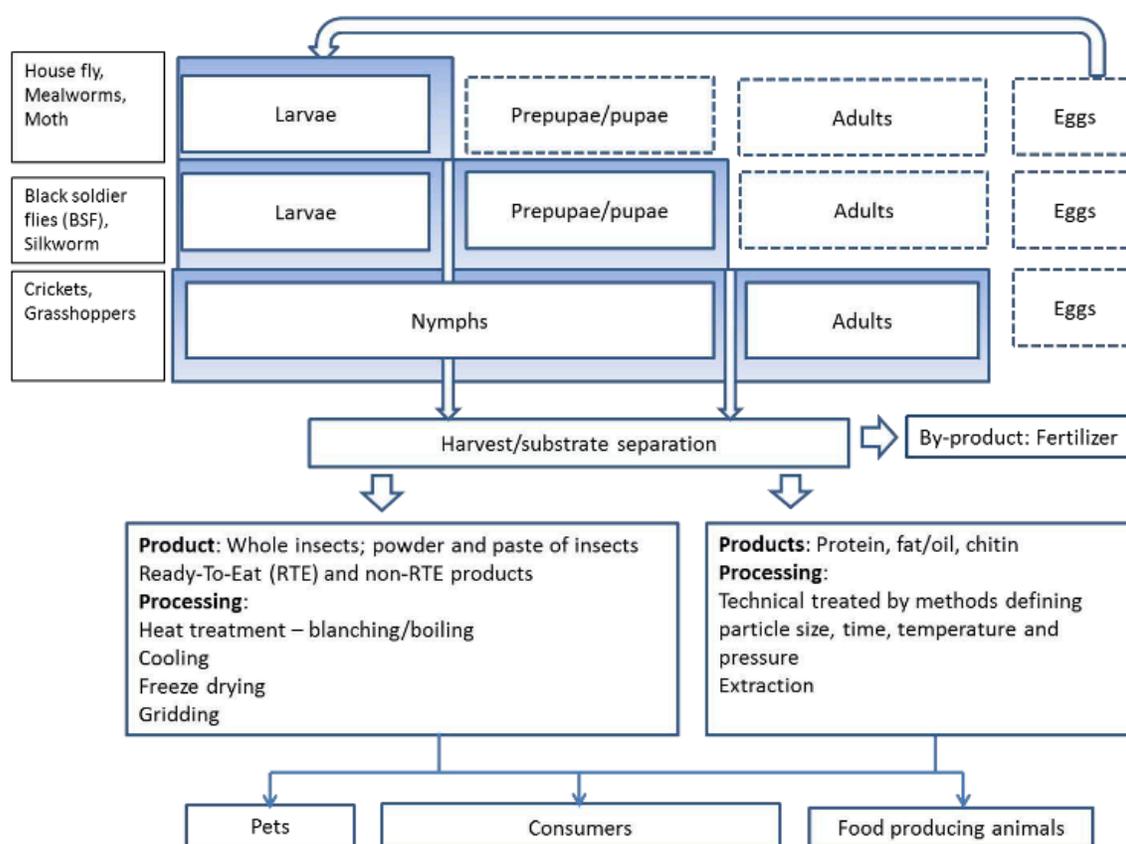


Figura 5: Descripción general de la cadena desde la producción al consumidor ("Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed", 2015). (25)

Tabla 3: Métodos de cría y cultivo de insectos más utilizados para su comercialización (26,27)

Tipo de cría	Descripción del proceso
Cría familiar	Suelen tener dimensiones reducidas de cría y el consumo suele limitarse al propio núcleo doméstico. En la crianza influyen numerosas

	variables, ya que la producción se realiza de forma casera y muchas veces en condiciones no idóneas
Cría natural mejorada	Se trata de “pseudo cría” ya que los insectos siguen dentro de su hábitat natural, pero se realizan una serie de modificaciones para incrementar la producción de los mismos. Se modifica el comportamiento del insecto, lo que da lugar a un incremento de cantidad y calidad. Pueden obtenerse resultados algo mejores al facilitar o potenciar la producción natural de los insectos, pero sigue siendo susceptibles a cambios no deseados por parte del ambiente en el que se encuentren
Cría industrial	Este tipo de producción es la más reciente, y son capaces de producir elevadas cantidades de insectos diariamente. Suele ser el sistema más controlado, con factores como temperatura, humedad u oxígeno en constante revisión, además de equipamiento complejo como humidificadores, sistemas de renovación de aire entre otros. Este tipo de crianza tiene la ventaja de un crecimiento rápido con muy poco consumo, obteniendo valores de eficiencia muy positivos

La cría intensiva de insectos en la mayoría de países occidentales se considera una práctica reciente y desconocida **(28)**. Recientemente, ha comenzado a desarrollarse en zonas como África Oriental **(29)**, aprovechando los residuos para generar fertilizantes agrícolas. Además, destacan algunas iniciativas a implantar en zonas de Europa como Alemania o Italia en relación con incentivar la producción de insectos. **(30, 31)**

Para finalizar, debe señalarse cómo en algunos países tropicales, el aumento considerable del consumo de insectos se refleja a través de una subida paralela de los precios y a su vez, a una mayor recolección de estas especies en sus hábitats naturales, poniendo en juego tanto la sostenibilidad de esta práctica como la extinción de las especies en cuestión. Por tanto, deben desarrollarse prácticas que no sean desfavorable con el medio ambiente y con las especies que lo habitan, evitando a toda costa cualquier acción que pueda ser potencialmente perjudicial en cualquiera de los casos **(32)**

Por tanto, sería importante recordar que es necesario el desarrollo de prácticas seguras de recolección, que puedan evitar el deterioro tanto de especies como de hábitats o entornos, además de reducir al mínimo factores que agraven el daño como los pesticidas o la contaminación ambiental tan presente en la mayoría de los medios.

10. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

En los trabajos revisados se ha observado que existe una considerable variación en la composición debido a factores como la inter especificidad. Así, en especies como los escarabajos o larvas pertenecientes al orden Coleoptera, su contenido de proteína puede variar entre 8,85% y 71%. Estas diferencias podrían deberse a diferencias en los métodos de análisis, **(33)**, el sexo, la dieta, la etapa de desarrollo o el entorno de crecimiento de los insectos entre otros **(34, 35)**. Por lo tanto, estas diferencias no solo se pueden deber a la especie utilizada, sino al estadio utilizado en su producción del mismo **(36)**

A grandes rasgos, esta gran familia del reino animal destaca sobre todo por su composición considerable en proteínas o lípidos y por los bajos contenidos de carbohidratos, los cuales se encuentran en forma de quitina **(37)**. También es importante tener en cuenta que tanto la biodisponibilidad como la bioaccesibilidad son temas poco estudiados ya que los estudios suelen centrarse en la concentración y caracterización de los distintos nutrientes **(35)**

Proteínas:

De forma general, el contenido de este macronutriente suele oscilar entre 35-61% **(35)**, por lo que se puede afirmar que los insectos presentan una cantidad considerable de proteínas, similar o incluso superior en comparación con otras fuentes animales (pescado o carne de ave o de bóvidos o vegetales como soja) **(38)**, por lo que suponen una fuente proteica importante especialmente en aquellos individuos o poblaciones que sufren alteraciones nutricionales debido a deficiencias proteicas **(39)**. En la Tabla 4 se muestran los contenidos en proteínas de las principales especies de insectos **(40)**. Así, la harina de especies como *Acheta domesticus* presenta un 63% más de proteína por gramo que otras fuentes convencionales de origen animal **(41)**.

El índice de eficiencia proteica (PER por siglas en inglés) es superior o comparable al valor atribuido a la caseína, es decir, a nivel experimental, la ganancia de peso puede ser muy similar e incluso superior si alimentásemos con productos derivados de insectos frente al consumo de otros productos que contengan caseína en su composición, por lo que los insectos comestibles presentan un mayor valor nutricional y mayor ratio de eficiencia proteica. **(42, 43, 44)**

Tabla 4: Contenido proteico de tipos de insectos comestibles con su peso en seco **(39)**

Orden	Rango de contenido en proteínas (%)
Larvas	26-45
Gryllidae, Acrididae	6-77
Caelifera	20-56
Coleoptera, larvas	8-69
Isoptera	20-43
Anthophila, Formicidae	5-66
Anisoptera	26-54
Blattodea	43-66
Muscidae	35-64
Lepidoptera, Heterocera	18-60
Hemiptera,	27-71
Zygoptera	54-56

Se ha observado que el contenido de los aminoácidos esenciales es bastante variable, presentando, de forma general, bajas cantidades de triptófano y lisina y existiendo enormes variaciones de las concentraciones del resto de aminoácidos esenciales (entre 46% y 96%) **(44)**. Al analizar el perfil de aminoácidos en especies como *T. molitor* en estado larvario, se ha observado que presentan un alto contenido de leucina, valina y lisina pero una pobre cantidad de otros como la histidina o el triptófano **(21)**. De esta forma, sería recomendable la inclusión de este tipo de

especies en la dieta para combinar y mejorar el perfil nutricional de los alimentos que consumimos de forma regular.

Se están haciendo introducciones de especies como la *Musca domestica*, *Hermetia illucens* o *Macrotermes subhyalinus* y *Macrotermes bellicosus* en otros campos como alimentación para aves de corral y el resultado es prometedor; el rango de absorción de aminoácidos en dietas basadas en insectos es de un 89-95%, dependiendo del aminoácido y pudiendo equipararse a otros piensos como los obtenidos a partir de pescado. **(45, 46)**

Grasa:

Al igual que ocurre con las proteínas, el porcentaje de grasa oscila bastante según varios factores intra e inter específicos. Así, el contenido en grasa es mayor durante el periodo de larva y pupa que durante el periodo de adulto, que pasa a ser mucho menor **(47)**. Su contenido medio suele oscilar entre un 13-33% (rango entre 10 y 60%), siendo la segunda fracción de macronutrientes más importante **(48)**.

De manera similar que ocurre en los tejidos animales, el perfil lipídico de los insectos se divide en triglicéridos, fosfolípidos e insaponificable. En este último se encuentran las fracciones de esteroides, ceras y vitaminas liposolubles o lipófilas, algunos de ellos con propiedades ciertamente similares a algunos biopéptidos **(49, 50)**

En la Tabla 5 se muestran los valores de grasa total, y ácidos grasos (AG) saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) en algunas especies de insectos. Se observa que a diferencia de lácteos y carnes, en la grasa de los insectos predominan los AG insaturados (AGI) sobre los AGS, y que dentro de los insaturados, los AGMI (destacando el ácido oleico) se presenta en mayores porcentajes que los AGPI **(39, 51)**

En el contenido de grasa total, al igual que otras muchas especies de animales, las hembras suelen tener mayor tendencia de acumulación y por tanto concentración de lípidos **(52)**. Esto resultaría interesante ya que por tanto habría mayor probabilidad de encontrar sustancias de carácter lipofílico en el tratamiento de las hembras.

Tabla 5: Contenido de de grasa (g/100 g de peso seco) y porcentaje de AG respecto del total de AG) de algunos insectos). [Fuente:39,51]

Nombre común	Contenido graso (%)	AGS	AGMI	AGPI
<i>Bellicositermes natalensis</i>	44,82	35,05	52,77	12,18
Larvas de <i>Hermetia illucens</i>	35,00	36,20	28,70	35,00
<i>Coptotermes formosanus</i>	46,00	32,17	56,10	11,73
<i>Grylloides sigillatus</i>	20,00	33,74	34,33	31,91
<i>Acheta domesticus</i>	20,00	34,58	31,85	33,57
<i>Lasius niger</i>	15,20	23,90	72,40	3,70
<i>Blaptica dubia</i>	14,00	24,17	62,48	13,15
<i>Zophobas morio</i>	34,00	36,91	39,87	23,22

Tabla 6. Porcentajes de los AGPI mayoritarios en insectos respecto del total de AGPI (39,51)

Nombre común	Ácido linoleico (18:2)	Ácido linolénico (18:3)	Ácido araquidónico (18:4)
<i>Bellicositermes natalensis</i>	10,75	1,43	-
Larvas de <i>Hermetia illucens</i>	13,00	1,70	-
<i>Coptotermes formosanus</i>	11,54	0,20	-
<i>Grylloides sigillatus</i>	29,78	2,13	-
<i>Acheta domesticus</i>	30,59	2,54	-
<i>Lasius niger</i>	2,10	1,00	0,20
<i>Blaptica dubia</i>	12,03	-	-
<i>Zophobas morio</i>	21,69	1,19	-

A nivel experimental, se ha observado que el contenido de lípidos en los insectos puede compararse a otras fuentes vegetales como las semillas de girasol o animales como puede ser la carne de cerdo **(53)**, destacando sobre todo la especie *Blaptica dubia* (“Cucaracha dubia”), con un elevado índice de calidad respecto a su composición de ácidos grasos, especialmente fosfolípidos **(51)**.

Por otro lado, si la calidad nutricional y las propiedades funcionales de los lípidos extraídos de los insectos son elevadas, podrían ser utilizados como materia prima para la producción de aceite comestible **(54)**.

Carbohidratos:

El carbohidrato más destacable en los insectos es la quitina, polisacárido presente en su exoesqueleto y que forma parte de la fibra alimentaria **(55, 56)**. Su consumo se ha relacionado ampliamente con efectos positivos para el organismo, principalmente por su actividad antimicrobiana con foco en el epitelio intestinal tras su consumo, o su posible actividad inmunológica **(56,57,58)**. Esta última podría ser complementaria a efectos demostrados en otros compuestos bioactivos de los insectos, pudiendo hablar de cierta actividad sinérgica. Pese a esto, los efectos mencionados de la quitina se ven ampliamente influenciados por la quitinasa **(56)**, una enzima que permite realizar la hidrólisis de la quitina en componentes mono y oligoméricos, siendo estos últimos una nueva diana de estudio debido a sus posibles efectos con multitud de aplicaciones en campos industriales, agrícolas o médicos entre otros **(59)**. Esta enzima presenta mayor actividad en aquellos individuos cuya frecuencia de consumo de insectos sea elevada. Respecto a este punto, es importante resaltar cómo se ha comprobado una mejora en la actividad de la microbiota intestinal al incluir dentro de los modelos de consumo especies como los grillos **(60)**.

Minerales y vitaminas:

Es interesante recalcar que su consumo puede verse afectado no solo por factores comunes al resto de nutrientes como son la especie o la etapa de desarrollo en la que se encuentre, sino también con el contenido de los mismos en los piensos para alimentarlos, siendo un factor de interés de cara a la creación de productos para sectores de la población con necesidades específicas **(61)**

En cuanto a las especies con mayor cantidad de los mismos, destaca principalmente *Acheta domesticus*, donde en función de si éste ha sido sometido o no a un proceso de desecación, se encuentran variaciones significativas, presentando en el primer

caso grandes cantidades de minerales como potasio, fósforo o sodio. También presentan una gran densidad nutricional las larvas del gusano amarillo de la harina *Tenebrio molitor*, que contienen otros elementos de interés como calcio, manganeso o cobre. **(62, 40, 36)**

Destacan especies como *A. armida*, donde al estudiar productos elaborados a partir de harinas de esta especie, se llegó a la conclusión de que un consumo de 100 g podría superar entre 2 e incluso 5 veces el aporte de hierro de la carne de vacuno o el pollo respectivamente, además de aportar zinc o calcio, cuyos valores de este último podrían superar entre 3 y 8 veces al contenido en otras especies de insectos como *T. molitor* o *Schistocerca gregaria* **(63)**.

Un factor a tener en cuenta es el crecimiento gradual del contenido de vitaminas, tanto C como liposolubles (A, D, E) conforme se avanza en el ciclo de crecimiento, al igual que ocurre con los aminoácidos esenciales **(64)**. Esta cantidad puede variar ampliamente en función de la especie. Generalmente, los insectos suelen ser una fuente razonable de vitamina del complejo B, especialmente de la B12 **(65)**, destacando algunas especies como *Gryllus assimilis* y en mayores cantidades aún *Shelfordella lateralis* **(66)**, entre otras como *Tenebrio molitor* o *Locusta migratoria*, cuyos contenidos pueden asemejarse al de otras fuentes convencionales como la carne de cerdo. Especies como *Zonocerus variegatus*, *Macrotermes bellicosus* y *Cirina forda* presentaron valores altos de vitaminas como A, C E, o vitamina B6 además de ser ricos en potasio, fósforo o sodio entre otros, lo que podría ser un indicador de uso de los insectos para disminuir o combatir algunas deficiencias nutricionales tanto en seres humanos como animales **(67)** Insectos como los saltamontes son especialmente ricos en vitaminas del grupo B, concretamente B1, B2 y B3 **(68)**.

Por otro lado, existen estudios que intentan incrementar el contenido de algunas vitaminas, como la D, ya sea mediante el uso de radiación UVB **(69)**, o la alimentación con ingredientes con altos contenidos de la misma, como la adición de zanahorias, un alimento rico en β -caroteno **(70)**, una forma de provitamina A.

En general, los minerales son menos susceptibles de sufrir cambios en los métodos de procesamiento de los alimentos como hervir o tostar, manteniendo los correctos niveles de oligoelementos como hierro o zinc **(71)**. No obstante, en estudios con larvas de *Tenebrio molitor*, se observaron cambios en la composición en productos elaborados a partir de esta especie al ser sometidos a determinadas condiciones de tratamiento **(72)**. En este sentido, sería interesante realizar estudios analíticos que

puedan corroborar si se producen cambios en otros aspectos como el perfil de aminoácidos o ácidos grasos además de vitaminas y minerales.

11. EFECTOS SOBRE LA SALUD

Debido a su alto consumo durante generaciones en varias zonas del mundo, los insectos han sido relacionados con varios compuestos bioactivos con acción antiinflamatoria, antimicrobianas e antioxidantes entre otros, de ahí el nacimiento del concepto de entomoterapia, pese a que los mecanismos y explicaciones de estos sucesos puedan ser ambiguos y contradictorios en la literatura científica **(73, 44)**. Entre ellos, destacan las propiedades antioxidantes de *Acheta domesticus* y *Gryllus bimaculatus* o el papel inhibitor de la ECA (Enzima Convertidora de Angiotensina) en presencia de la proteína de *Gryllus bimaculatus* **(74)**. Además, también se le han atribuido compuestos bioactivos capaces de modular el metabolismo de la glucosa o lípidos, aunque todavía se encuentra en revisión **(75)**.

Aunque también se mantienen en revisión, destacan otros péptidos con diversas funciones desde actividad hipocolesterolémica o antitrombótica hasta bioactividad antiobesidad o anti-SARS-CoV-2 **(76)**. Si bien es cierto que su consumo aporta propiedades beneficiosas, los insectos están relacionados con otros factores o inconvenientes que vale la pena revisar.

Comités científicos de instituciones como la AESAN ya nos informan acerca de peligros derivados del consumo de insectos como las resistencias antimicrobianas, reacciones cruzadas de tipo alérgico y la transmisión alimentaria de patógenos víricos, bacterianos, hongos, parásitos e incluso priones **(11)**, por lo que es de vital importancia establecer análisis de los productos durante cada una de sus fases, tanto de producción como de comercialización, además de instaurar un sistema cuya base sea el análisis de peligros y control de puntos críticos

Cabe destacar un importante factor como la alergenicidad de cara al consumo tanto de insectos como de productos elaborados a partir de los mismos. Como ya sabemos, son principalmente las proteínas las causantes o más susceptibles de causar reacciones alérgicas graves, factor a tener en cuenta sobre todo conociendo que este macronutriente suele ser uno de los que se encuentra en mayor proporción en este tipo de especies. Destacan sobre todo la tropomiosina y/o la arginina quinasa como las proteínas responsables de las reacciones alérgicas **(39)**, ambos conocidos

por su reactividad cruzada con proteínas homólogas encontradas en crustáceos como langostinos o gambas o ácaros del polvo **(77)**. Pese a esto, existen parámetros importantes de cara a evaluar la alergenicidad del insecto en cuestión, como la estructura secundaria y terciaria, la capacidad de unión a IgE específicas y de provocar una respuesta inmune o la similitud de la secuencia primaria de aminoácidos con los alérgenos conocidos (determinado mediante análisis bioinformático) **(78)**.

También podría ser interesante tener en cuenta otros factores como la presencia de microorganismos patogénicos o micotoxinas (pudiendo ser introducidas por almacenamiento o manipulación inadecuadas en la cadena alimentaria) estudiadas en especies como *T. Molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Z. atratus* o *H. illucens*, que podrían ser un factor de riesgo y poner en juego la salud del consumidor **(52, 44)**

No solo pueden estar presentes las micotoxinas, sino otros contaminantes obtenidos a partir del sustrato del que se alimentan o en el que se encuentran, o puede ser fruto de la propia síntesis del insecto. Destacan metales pesados como el plomo, el arsénico, el mercurio o el cadmio por su acumulación en el organismo del insecto, debido a factores extrínsecos como su bioacumulación en el entorno en el que se encuentra **(46, 79)**

Respecto a los peligros microbiológicos, estos son algo más controvertidos, ya que en algunos estudios detectaron presencia de microorganismos y esporas de bacterias aeróbicas, mientras que otros mostraron ausencia de especies como *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* o *Listeria spp* entre otras, por lo que es un tema que se debe investigar con mayor profundidad **(80, 81)**

12. CONCLUSIONES

La producción de insectos como fuente alimentaria está aumentando a nivel mundial, no solo por su consumo directo, sino porque se usan cada vez más en la elaboración de diversos productos alimenticios. Actualmente en Europa, están admitidas pocas especies en relación a las miles que se pueden encontrar en la naturaleza, existiendo una legislación muy reciente para su uso en alimentación humana.

Tampoco hay que olvidar los beneficios a nivel medioambiental que puede tener su producción como la reducción de huella de carbono al disminuir la producción de gases en comparación con otras industrias alimentarias.

Los insectos y harinas y otros productos elaborados con ellos suponen una importante fuente de proteína, grasa rica en ácidos grasos insaturados, minerales y elementos traza, así como vitaminas hidrosolubles y liposolubles, lo que puede mejorar el valor nutritivos de las comidas, especialmente en sectores de la población donde la malnutrición (por exceso o defecto) se encuentra ampliamente extendida, pudiendo ser sustituidas por otras fuentes más presentes hoy en día en nuestra dieta.

Pese a esto, aún existen ciertas barreras que dificultan la entrada del consumo de insectos en los países más occidentales y menos habituados a este tipo de prácticas, por lo que debe transmitirse información válida, sencilla y corroborada científicamente que permita acercar a los distintos grupos de población a estas especies tan interesantes y beneficiarse de sus nutritivas características.

13. BIBLIOGRAFÍA:

1. Hickey LT, N. Hafeez A, Robinson H, Jackson SA, Leal-Bertioli SCM, Tester M, et al. Breeding crops to feed 10 billion. *Nat Biotechnol* [Internet]. 2019 [citado el 6 de mayo de 2024];37(7):744–54. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31209375/>
2. Rae.es. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://dle.rae.es/entomofagia>
3. Puzari M. Prospects of entomophagy. *Int J Trop Insect Sci* [Internet]. 2021;41(3):1989–92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s42690-020-00317-2>
4. Fao.org. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cb4094en/cb4094en.pdf>
5. Liceaga AM. Processing insects for use in the food and feed industry. *Curr Opin Insect Sci* [Internet]. 2021;48:32–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2021.08.002>
6. Beneficios [Internet]. Dhestia. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://insectos.biz/es/beneficios>

-
7. Ejecutivo D, Operativa G. Insectos aptos para la alimentación humana: la ciencia de las evaluaciones de nuevos alimentos [Internet]. Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. 2021 [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/es/news/edible-insects-science-novel-food-evaluations>
 8. de Seguridad Alimentaria y Nutrición S, de referencia: AECOSAN- N. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos [Internet]. Gob.es. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/CONSUMO_INSECTOS.pdf
 9. Regulation - 2015/2283 - EN - EUR-Lex [Internet]. Europa.eu. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1449760581954&uri=OJ:JOL_2015_327_R_0001
 10. Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [Internet]. Gob.es. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/comercializar_nuevo_alimento.htm
 11. De marzo de NA a. 14. SITUACIÓN DE LOS INSECTOS EN ALIMENTACIÓN HUMANA [Internet]. Gob.es. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/INSECTOS_ALIMENTACION_.pdf
 12. Feng Y, Chen X-M, Zhao M, He Z, Sun L, Wang C-Y, et al. Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Sci* [Internet]. 2018;25(2):184–98. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/1744-7917.12449>
 13. van Huis A, Halloran A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Vantomme P. How many people on our planet eat insects: 2 billion? *J Insects Food Feed* [Internet]. 2022 [citado el 6 de mayo de 2024];8(1):1–4. Disponible en: https://brill.com/view/journals/jiff/8/1/article-p1_1.xml
 14. Fao.org. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>
 15. Govorushko S. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2019;91:436–45. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.032>

-
16. Number of edible insect species by type worldwide 2017 [Internet]. Statista. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/882577/global-number-edible-insect-species/>
 17. van Huis A, Rumpold B. Strategies to convince consumers to eat insects? A review. Food Qual Prefer [Internet]. 2023;110(104927):104927. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104927>
 18. Alhujaili A, Nocella G, Macready A. Insects as food: Consumers' acceptance and marketing. Foods [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];12(4):886. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/4/886>
 19. Es E. Comer cochinilla, la propuesta del Parlamento de Canarias a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [Internet]. elDiario.es. 2024 [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.eldiario.es/canariasahora/politica/comer-cochinilla-propuesta-parlamento-canarias-autoridad-europea-seguridad-alimentaria_1_10967731.html
 20. Gob.es. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/alimentacion-animal/aproinsecta-presentacionm-apa-madrid_16nov22_tcm30-636313.pdf
 21. Kotsou K, Chatzimitakos T, Athanasiadis V, Bozinou E, Athanassiou CG, Lalas SI. Innovative applications of Tenebrio molitor larvae in food product development: A comprehensive review. Foods [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];12(23):4223. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/23/4223>
 22. Granja de insectos [Internet]. Galinsect. 2020 [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://galinsect.es/>
 23. TEBRIO La nueva era de los insectos [Internet]. TEBRIO La nueva era de los insectos. TEBRIO; 2022 [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://tebrio.com/>
 24. Venta de insectos comestibles en España - INSECTUM [Internet]. Insectum.es. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://insectum.es/>
 25. Management Board members, Executive Director, Operational Management. Risk profile of insects as food and feed [Internet]. European Food Safety Authority. 2015 [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4257>

-
26. Jambu S. Técnicas de cultivo de insectos - Insectos comestibles [Internet]. Buy Edible Insects For Sale Online, Ready To Eat Insects. Next Food; 2022 [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.next-food.net/es/guia-de-insectos-comestibles/insectos-comestibles-acercamiento-a-los-diferentes-sistemas-de-cultivo/>
 27. Gob.es. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/alimentacion-animal/mapa-jesussalasnortativa-produccioninsectosgranja_nov202_tcm30-636310.pdf
 28. Sciencedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978032395594200015X>
 29. Li M, Mao C, Li X, Jiang L, Zhang W, Li M, et al. Edible insects: A new sustainable nutritional resource worth promoting. Foods [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];12(22):4073. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/22/4073>
 30. Weinreis Y, Baum CM, Smetana S. Insect production as a novel alternative to livestock farming: Exploring interest and willingness to adopt among German farmers. Sustain Prod Consum [Internet]. 2023;35:28–39. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.004>
 31. Cattaneo A, Meneguz M, Dabbou S, Tambone F, Scaglia B. Local circular economy: BSF insect rearing in the Italian Agri-Food Industry. Waste Manag [Internet]. 2024;179:234–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2024.03.016>
 32. van Huis A, Oonincx DGAB. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. Agron Sustain Dev [Internet]. 2017;37(5). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
 33. Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol Nutr Food Res [Internet]. 2013;57(5):802–23. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
 34. Payne CLR, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K. Are edible insects more or less ‘healthy’ than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. Eur J Clin Nutr [Internet]. 2016 [citado el 6 de mayo de 2024];70(3):285–91. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/ejcn2015149>
 35. Sciencedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799321001156#bib0030>

-
36. Oliveira LA, Pereira SMS, Dias KA, Paes S da S, Grancieri M, Jimenez LGS, et al. Nutritional content, amino acid profile, and protein properties of edible insects (*Tenebrio molitor* and *Gryllus assimilis*) powders at different stages of development. *J Food Compost Anal* [Internet]. 2024;125(105804):105804. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105804>
 37. Sciencedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128221068000191>
 38. Bosch G, Zhang S, Oonincx DGAB, Hendriks WH. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *J Nutr Sci* [Internet]. 2014 [citado el 6 de mayo de 2024];3(e29):e29. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-nutritional-science/article/protein-quality-of-insects-as-potential-ingredients-for-dog-and-cat-foods/4C395D62B8970EF115F5AB5FC57B6C0B>
 39. Hasnan FFB, Feng Y, Sun T, Parraga K, Schwarz M, Zarei M. Insects as valuable sources of protein and peptides: Production, functional properties, and challenges. *Foods* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];12(23):4243. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/23/4243>
 40. Ververis E, Boué G, Poulsen M, Pires SM, Niforou A, Thomsen ST, et al. A systematic review of the nutrient composition, microbiological and toxicological profile of *Acheta domesticus* (house cricket). *J Food Compost Anal* [Internet]. 2022;114(104859):104859. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104859>
 41. Sciencedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224423003692#:~:text=Edible%20crickets%20offer%20a%20rich,food%20system%20for%20future%20generations>
 42. Cabidigitallibrary.org. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123110383>
 43. Oibiokpa FI. Nutrient and Antinutrient Compositions of Some Edible Insect Species in Northern Nigeria. *Fountain Journal of Natural and Applied Sciences* [Internet]. 2017 [citado el 6 de mayo de 2024];6(1). Disponible en: <https://fountainjournals.com/index.php/FUJNAS/article/view/159>
 44. Rivas-Navia DM, Dueñas-Rivadeneira AA, Dueñas-Rivadeneira JP, Aransiola SA, Maddela NR, Prasad R. Bioactive compounds of insects for food use: Potentialities and risks. *J Agric Food Res* [Internet]. 2023;14(100807):100807. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100807>

-
45. Sajid QUA, Asghar MU, Tariq H, Wilk M, Płatek A. Insect meal as an alternative to protein concentrates in poultry nutrition with future perspectives (an updated review). *Agriculture* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];13(6):1239. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/6/1239>
 46. Khalifah A, Abdalla S, Rageb M, Maruccio L, Ciani F, El-Sabroun K. Could insect products provide a safe and sustainable feed alternative for the poultry industry? A comprehensive review. *Animals (Basel)* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];13(9):1534. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/9/1534>
 47. Doc-developpement-durable.org. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Elevages/Insectes/edible%20forest%20insect.s.pdf#page=94>
 48. Sciencedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024000768#bib74>
 49. Kolobe SD, Manyelo TG, Malematja E, Sebola NA, Mabelebele M. Fats and major fatty acids present in edible insects utilised as food and livestock feed. *Vet Anim Sci* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];22(100312):100312. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vas.2023.100312>
 50. Mudalungu CM, Mokaya HO, Tanga CM. Beneficial sterols in selected edible insects and their associated antibacterial activities. *Sci Rep* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];13(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-37905-4>
 51. Perez-Santaescolastica C, de Pril I, van de Voorde I, Fraeye I. Fatty acid and amino acid profiles of seven edible insects: Focus on lipid class composition and protein conversion factors. *Foods* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];12(22):4090. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/22/4090>
 52. Turan Y, Berber D, Sesal NC. Could insects be an alternative food source? A comprehensive review. *Nutr Rev* [Internet]. 2024 [citado el 6 de mayo de 2024]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38568990/>
 53. Researchgate.net. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327118458_Composicao_de_insetos_comestiveis
 54. Brogan EN, Park Y-L, Shen C, Matak KE, Jaczynski J. Characterization of lipids in insect powders. *Lebenson Wiss Technol* [Internet]. 2023;184(115040):115040. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115040>

-
55. Kouřimská L, Adámková A. Nutritional and sensory quality of edible insects. NFS J [Internet]. 2016;4:22–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
 56. Sciedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323950527000200>
 57. Khatami N, Guerrero P, Martín P, Quintela E, Ramos V, Saa L, et al. Valorization of biological waste from insect-based food industry: Assessment of chitin and chitosan potential. Carbohydr Polym [Internet]. 2024;324(121529):121529. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121529>
 58. Elieh Ali Komi D, Sharma L, Dela Cruz CS. Chitin and its effects on inflammatory and immune responses. Clin Rev Allergy Immunol [Internet]. 2018 [citado el 6 de mayo de 2024];54(2):213–23. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28251581/>
 59. Revista de la Sociedad Química del Perú [Internet]. Redalyc.org. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371937621002.pdf>
 60. Stull VJ, Finer E, Bergmans RS, Febvre HP, Longhurst C, Manter DK, et al. Impact of edible cricket consumption on gut Microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. Sci Rep [Internet]. 2018;8(1). Disponible en: https://www.scienceopen.com/document_file/d1a7a111-cde5-47de-9d74-299f58d420e8/PubMedCentral/d1a7a111-cde5-47de-9d74-299f58d420e8.pdf
 61. Sciedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213453023001520#bib26>
 62. Sciedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157523002417#fig0005>
 63. Cortazar-Moya S, Mejía-Garibay B, López-Malo A, Morales-Camacho JI. Nutritional composition and techno-functionality of non-defatted and defatted flour of edible insect *Arsenura armida*. Food Res Int [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];173(113445):113445. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37803770/>
 64. Sciedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429224003092#bib156>

-
65. Ordoñez-Araque R, Quishpillo-Miranda N, Ramos-Guerrero L. Edible insects for humans and animals: Nutritional composition and an option for mitigating environmental damage. *Insects* [Internet]. 2022 [citado el 6 de mayo de 2024];13(10):944. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/insects13100944>
 66. Schmidt A, Call L-M, Macheiner L, Mayer HK. Determination of vitamin B12 in four edible insect species by immunoaffinity and ultra-high performance liquid chromatography. *Food Chem* [Internet]. 2019;281:124–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.039>
 67. Atowa CO, Okoro BC, Umego EC, Atowa AO, Emmanuel O, Ude VC, et al. Nutritional values of *Zonocerus variegatus*, *Macrotermes bellicosus* and *Cirina forda* insects: Mineral composition, fatty acids and amino acid profiles. *Scientific African* [Internet]. 2021;12(e00798):e00798. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00798>
 68. Skotnicka M, Karwowska K, Kłobukowski F, Borkowska A, Pieszko M. Possibilities of the development of edible insect-based foods in Europe. *Foods* [Internet]. 2021 [citado el 6 de mayo de 2024];10(4):766. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/4/766>
 69. Nölle N, Hörnstein A, Lambert C. Vitamin D fortification of selected edible insect species through UVB-treatment. *Food Chem* [Internet]. 2024;444(138679):138679. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138679>
 70. Salama SM. Nutrient composition and bioactive components of the migratory locust (*Locusta migratoria*). En: *African Edible Insects As Alternative Source of Food, Oil, Protein and Bioactive Components*. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 231–9.
 71. Manditsera FA, Luning PA, Fogliano V, Lakemond CMM. Effect of domestic cooking methods on protein digestibility and mineral bioaccessibility of wild harvested adult edible insects. *Food Res Int* [Internet]. 2019;121:404–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.052>
 72. Sciencedirect.com. [citado el 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643823012252#:~:text=Immersion%2Dblanching%20and%20frozen%20storage,minimally%20affected%20by%20processing%20methods>
 73. Park SJ, Kim K-Y, Baik M-Y, Koh YH. Sericulture and the edible-insect industry can help humanity survive: insects are more than just bugs, food, or feed. *Food Sci Biotechnol* [Internet]. 2022 [citado el 6 de mayo de 2024];31(6):657–68. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10068-022-01090-3>

-
74. Kemsawasd V, Inthachat W, Suttisansanee U, Temviriyankul P. Road to the red carpet of edible crickets through integration into the human food chain with biofunctions and sustainability: A review. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2022 [citado el 6 de mayo de 2024];23(3):1801. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/3/1801>
 75. D'Antonio V, Battista N, Sacchetti G, Di Mattia C, Serafini M. Functional properties of edible insects: a systematic review. *Nutr Res Rev* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];36(1):98–119. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34819193/>
 76. Teixeira CSS, Villa C, Costa J, Ferreira IMPLVO, Mafra I. Edible insects as a novel source of bioactive peptides: A systematic review. *Foods* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];12(10):2026. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/foods12102026>
 77. de Gier S, Verhoeckx K. Insect (food) allergy and allergens. *Mol Immunol* [Internet]. 2018;100:82–106. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
 78. Delgado Calvo-Flores L, Garino C, Moreno FJ, Broll H. Insects in food and their relevance regarding allergenicity assessment. *EFSA J* [Internet]. 2022;20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2022.e200909>
 79. Mwelwa S, Chungu D, Tailoka F, Beesigamukama D, Tanga C. Biotransfer of heavy metals along the soil-plant-edible insect-human food chain in Africa. *Sci Total Environ* [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2024];881(163150):163150. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37001659/>
 80. Pal A, Mann A, den Bakker HC. Analysis of microbial composition of edible insect products available for human consumption within the United States using traditional microbiological methods and whole genome sequencing. *J Food Prot* [Internet]. 2024;87(6):100277. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100277>
 81. Mattioli S, Fratini F, Cacchiarelli C, Martinis V, Tuccinardi T, Paci G, et al. Chemical composition, fatty acid profile, antioxidant content, and microbiological loads of lesser mealworm, mealworm, and superworm larvae. *Ital J Anim Sci* [Internet]. 2024;23(1):125–37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/1828051x.2023.2293856>