



TFG

**BENEFICIOS DEL CONSUMO DE INSECTOS COMO
FUENTE DE ALIMENTO EN LA SALUD HUMANA**

**BENEFITS OF INSECT CONSUMPTION AS A FOOD
SOURCE ON HUMAN HEALTH**

Realizado por:

Alberto Gutiérrez Urcola

Director del TFG:

Iñaki Elío

JUNIO 2022

**Autorización del/los directores para la presentación y defensa del TFG
2021/2022**

Grado en Nutrición Humana y Dietética.

Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Grado en Gastronomía.

Título del trabajo fin de grado

D/D^a. _____, profesor/a
de la **Facultad de Ciencias de la Salud** de la **Universidad Europea del Atlántico**.

AUTORIZA a D/D^a. _____,
a presentar la propuesta de TRABAJO DE FIN DE GRADO, que será defendida en
_____ (Español o Inglés).

En Santander a, _____ de _____ de 2 _____.

Fdo.: Director/Directora del TFG

Agradecimientos

A mi familia, pareja y amigos,

*Por haberme ofrecido la oportunidad de mi vida y haberme apoyado y animado
a alcanzar mis metas tanto profesionales como personales.*

¡Gracias por tanto!

Resumen

Introducción/objetivos. El aumento demográfico exponencial y la falta de recursos obliga a la población a buscar alternativas más saludables e interesantes para su alimentación. El objetivo de esta revisión es demostrar que el consumo de insectos como complemento en la dieta habitual aporta beneficios a la salud humana.

Metodología: Revisión bibliográfica de artículos con base científica consolidada consultando las bases de datos “Cochrane”, “Pubmed”, “Science direct”, “Dialnet” y “Medline plus”, con restricción de fecha de 5-10 años, en español y en inglés. También se ha incluido literatura gris como tesinas, proyectos, trabajos de fin de máster, entre otros. En cuanto al estudio, no se han hecho ningún tipo de limitaciones.

Discusión: El tipo de insecto, su alimentación, su hábitat... Van a determinar su composición y, por consiguiente, sus beneficios nutricionales. A consecuencia de esto, existen numerosas investigaciones en las que se demuestran tales beneficios en mayor o menor medida.

Conclusiones: Los insectos tienen la capacidad de ofrecer beneficios a la salud de las personas por su alto valor nutricional, la bioactividad de sus componentes e inclusive, por aumentar la sostenibilidad medioambiental. A pesar de esto, aún se necesita mucha investigación al respecto.

Palabras clave: *Insectos comestibles. Entomofagia. Valor nutricional. Compuestos bioactivos. Salud humana.*

Abstract

Introduction/objectives. Exponential population growth and lack of resources are forcing people to look for healthier and more interesting alternatives for their diets. The aim of this review is to demonstrate that the consumption of insects as a complement to the normal diet provides benefits to human health.

Methodology: Bibliographic review of articles with a consolidated scientific basis consulting the databases "Cochrane", "Pubmed", "Science direct", "Dialnet" and "Medline plus", with a date restriction of 5-10 years, in Spanish and English. We also included grey literature such as dissertations, projects, master's theses, among others. No limitations were placed on the type of study.

Discussion: The type of insect, its diet, its habitat, etc., will determine its composition and, consequently, its nutritional benefits. As a result of this, there are numerous investigations in which such benefits are demonstrated to a greater or lesser extent.

Conclusions: Insects have the potential to offer health benefits to people through their high nutritional value, the bioactivity of their components and even by increasing environmental sustainability. Despite this, much research is still needed.

Keywords: *Edible insects. Entomophagy. Nutritional value. Bioactive compounds. Human health.*

Índice general

CAPÍTULO 1. ESTADO DE LA CUESTIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Insectos y entomofagia	2
1.4. Beneficios del consumo de insectos para la salud	5
1.4.1. Valor nutricional y biodisponibilidad	5
1.4.1.1 <i>Proteínas</i>	12
1.4.1.2 <i>Carbohidratos</i>	13
1.4.1.3 <i>Grasas</i>	14
1.4.1.4 <i>Minerales</i>	15
1.4.1.5 <i>Vitaminas</i>	16
1.4.1.6 <i>Antinutrientes</i>	18
1.4.2. Compuestos bioactivos	18
1.4.2.1 <i>Quitina y Trehalosa</i>	18
1.4.2.2 <i>Péptidos antimicrobianos</i>	20
1.4.2.3 <i>Compuestos antioxidantes</i>	21
1.4.2.4 <i>Otros</i>	22
1.5. Extractos proteicos y su aplicación	23
1.5.1. Harinas de insectos	25
1.6. Legislación	27
1.6.1. Seguridad	28
1.6.1.1 <i>Biológicos y microbiológicos</i>	29
1.6.1.2 <i>Virus</i>	29
1.6.1.3 <i>Parásitos y priones</i>	31

1.6.1.4 Químicos	32
1.6.1.5 Alérgenos	32
1.6.1.6 Antibióticos	33
1.6.1.7 Medioambiente	33
1.7. Actitud del consumidor	34
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	37
CAPÍTULO 3. DISCUSIÓN	40
CAPITULO 4. CONCLUSIONES	52
CAPÍTULO 5. RECOMENDACIONES	54
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXO	65

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Insectos más consumidos en el mundo.....	4
Tabla 1.2: Condiciones, requisitos y protección de datos para utilizar el nuevo alimento, larvas de <i>Tenebrio molitor</i> desecadas, en la industria alimentaria.	6
Tabla 1.3: Condiciones, requisitos y protección de datos para utilizar los nuevos alimentos, <i>Acheta domesticus</i> y <i>Locusta migratoria</i> , en la industria alimentaria.....	9
Tabla 1.4: Composición nutricional de <i>Locusta migratoria</i> , <i>Acheta domesticus</i> y <i>Tenebrio molitor</i>	11
Tabla 1.5: Comparación de nutrientes básicos entre <i>Acheta domesticus</i> , <i>Tenebrio molitor</i> y productos cárnicos.....	12
Tabla 1.6: Especies de ácidos grasos presentes en grillo domestico y el gusano de la harina.....	15
Tabla 1.7: Comparación del contenido nutricional en algunos micronutrientes entre productos cárnicos e insectos.....	17
Tabla 1.8: Comparación de los distintos aminoácidos encontrados en <i>Tenebrio molitor</i> y <i>Acheta domesticus</i> con distintos productos cárnicos.	24
Tabla 1.9: Composición nutricional de las harinas desgrasadas de insectos comestibles.....	26
Tabla 1.10: Virus encontrados en <i>Tenebrio molitor</i>	30
Tabla 1.11: Virus encontrados en <i>Acheta domesticus</i> y <i>Locusta migratoria</i>	31
Tabla 1.12: Escala de Neofobia Alimentaria (FNS).....	35
Tabla 3.1: Características y conclusiones de los 13 artículos de estudios experimentales seleccionados.....	46
Tabla 3.2: Características y conclusiones de los 14 artículos de revisión seleccionados.....	49

Índice de Figuras

Figura 1.1: Países donde se práctica el consumo de insectos.....	3
Figura 1.2: Anatomía general de los insectos de orden coleóptera.....	6
Figura 1.3: Anatomía general de los insectos de orden orthóptera.....	7
Figura 1.4: Contenido medio de proteínas en materia seca de las distintas órdenes de insectos y de alimentos de origen animal.....	26
Figura 1.5: Volumen de mercado de los insectos comestibles.....	35
Figura 2.1: Diagrama de la búsqueda bibliográfica efectuada y la selección de artículos para el apartado de discusión.....	39
Figura 3.1: Clasificación de los distintos estudios experimentales según el modelo de estudio empleado.....	40

CAPÍTULO 1. ESTADO DE LA CUESTIÓN

1.1. Introducción

El consumo y la demanda de alimentos está aumentando ilimitadamente a nivel mundial. A causa de la falta de recursos, las personas se ven cada día más obligadas a optar por alternativas muy procesadas cuya salubridad no está asegurada. Debido al crecimiento exponencial de la población humana y a la falta de extensiones como las áreas agrícolas, es necesaria la introducción de otro tipo de alimentos que complementen el patrón dietético de la población, los insectos. Este tipo de animales invertebrados son uno de los grupos más diversos que se extienden por el planeta. Con más de 1 millón de especies descritas se los puede considerar como la población de animales más abundante, alrededor del 90% de las formas de vida existentes (1).

Los insectos comestibles se encuentran en infinidad de hábitats, sin embargo, algunas especies están en peligro de extinción debido a la deforestación, factores antropogénicos, contaminación, etc. Tanto su distribución como su disponibilidad se ve afectada por el cambio climático (2).

Los recursos son limitados y, con ello, los alimentos, piensos y combustibles. Los insectos son una fuente de alimento importante e interesante debido a su alto contenido en macro y micronutrientes, y a su capacidad de ser utilizados como ingrediente en otros productos aumentando su valor nutricional y colaborando en producciones más ecológicas. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) afirma que es necesario el aumento de la producción de alimento para evitar con ello problemas nutricionales como lo son la malnutrición o la desnutrición, entre otros (3).

La utilización de los insectos como fuente de alimento es una estrategia interesante e innovadora ya que, entre los muchos beneficios que nos pueden ofrecer, estos animales tienen una alta conversión alimenticia (por 2kg de alimento, los insectos aumentan 1 kg de peso; por otro lado, el ganado necesitaría 8kg de este para aumentar 1 kg de peso), despiden menos gases de efecto invernadero (GEI) y amoníaco que el ganado, son animales polinizadores, necesitan menor cantidad de

agua para sobrevivir, mejoran la fertilidad del terreno, contribuyen al control de plagas e, incluso, actúan como coadyuvantes para la subsistencia de ciertas poblaciones mejorando la salud de las personas tanto favorecidas como desfavorecidas (4).

Podemos afirmar con esto, que los insectos aparte de ser sostenibles, influyen de manera positiva en la salud de las personas (3,4). Nuevos estudios e investigaciones abogan por el consumo de insectos comestibles, siempre y cuando estén regulados por ley, ya que ofrecen una elevada calidad nutricional y numerosos beneficios para la salud (5).

1.2. Objetivos

- a) Objetivo general: Demostrar que el consumo de insectos aporta beneficios a la salud humana.
- b) Objetivos específicos:
 - i. Describir la composición y el valor nutricional de los insectos.
 - ii. Identificar los compuestos bioactivos y su efecto en el cuerpo humano.
 - iii. Exponer los beneficios del uso de extractos proteicos de insectos en la salud y como ingrediente en la industria alimentaria.
 - iv. Precisar los aspectos legislativos según la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y la Unión Europea (UE) en cuanto a seguridad alimentaria y sus formas de producción y consumición.
 - v. Determinar la aceptabilidad del consumidor hacia estos alimentos.

1.3. Insectos y entomofagia

Desde tiempos inmemoriales, los animales y los humanos han consumido toda clase de insectos como parte de su dieta habitual, desde los más pequeños hasta los más grandes; moscas, arañas, gusanos, escorpiones, saltamontes.... El hombre primitivo consumía todo tipo de alimentos a los que tuviese fácil acceso, como lo eran estos invertebrados. Incluso a través de los libros sagrados de las distintas religiones como la Biblia y el Corán, se recogían los insectos como parte rutinaria

en la alimentación (1). En Europa, tanto los romanos y los griegos a través de la ingestión de *Lucanus cervus* o ciervo volante europeo, como Aristóteles, el cuál lo dejó por escrito con el consumo de *Cicada orni* o cigarra común, practicaban la entomofagia. Aquellos artrópodos, en occidente repudiados, cuya extensión abarca la infinidad del globo (6), son consumidos por la población en más de 2000 especies, sobre todo en los trópicos (América Central y Latina, África, Asia, Australia) debido al alto número de estos y a su elevado valor nutricional (Figura 1.1) (7–9). En ciertas regiones como en Europa, solo están aprobadas 3 especies de insectos actualmente (Larva de *Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria*, y el aprobado recientemente, *Acheta domesticus*) (10–12).

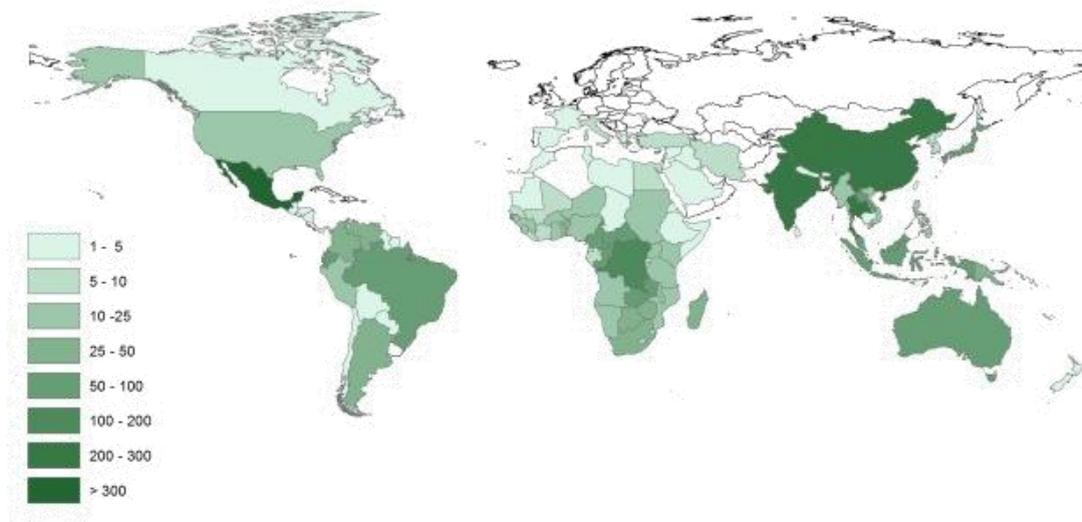


Figura 1.1: Países donde se práctica el consumo de insectos (13).

Usualmente, los más consumidos son los escarabajos, las orugas, las hormigas, las abejas, las avispas, las langostas, los grillos, los hemípteros, las libélulas, las termitas, las moscas, las cucarachas y las arañas, entre otros (Tabla 1.1) (14). Se pueden consumir en infinidad de formas (enteros, pasta, liofilizados o en polvo como ingrediente de nuevos productos...) a través de diferentes técnicas culinarias (6).

Tabla 1.1: Insectos más consumidos en el mundo (14).

Grupos de insectos	Orden	Número de especies	Número de especies de insectos comestibles registrados por grupo en el mundo	Porcentaje de especies de insectos comestibles registrados por grupo en el mundo
Escarabajos	Coleoptera	370.000	659	31.2
Orugas	Lepidoptera	165.000	362	17.1
Hormigas, abejas, avispas	Hymenoptera	198.000	321	15.2
Saltamontes, langostas, grillos	Orthoptera	20.000	278	13.2
Insectos verdaderos	Hemiptera	82.000	237	11.2
Libélulas	Odonata	5.500	61	2.9
Termitas	Isoptera	2750	59	2.8
Moscas	Diptera	122.000	37	1.8
Cucarachas	Blattodea	4.000	37	1.8
Arañas	Araneae	40.000	15	0.7
Otros	-	33.164 +	45	2.1

Para más información sobre las especies de insectos comestibles a nivel mundial:

List of edible insects of the world (April 1, 2017) - WUR [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>

La entomofagia o, lo que es lo mismo, el consumo de insectos, está cobrando mucho interés actualmente, sobre todo en regiones donde su ingestión no era algo habitual, como en Occidente. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) es una de las responsables de esta introducción, incluso la FAO en 2013 publicó “Future prospects for food and feed security of edible insects” donde se describe la importancia y el por qué es necesario la instauración de los insectos en nuestra dieta (14).

La sociedad busca lo novedoso, aquello que a día de hoy sea innovador, por ejemplo, el desarrollo de nuevos productos o la mejora de productos existentes para contribuir a fomentar la salud entre los individuos. Por ello, se recurre a los insectos como fuente de enriquecimiento del patrón dietético actual (6).

1.4. Beneficios del consumo de insectos para la salud

1.4.1. Valor nutricional y biodisponibilidad

El valor nutricional de estos invertebrados es muy variable, ya que depende de la especie, la etapa metamórfica en la que se encuentre (huevo, ninfa, subadulto, adulto), su hábitat, su dieta, su forma de procesado y preparación e inclusive las técnicas y métodos analíticos utilizados en su medición (2). A grandes rasgos, todos los insectos aptos para el consumo son una fuente valiosa de energía, proteínas, grasas, fibra y micronutrientes, según el índice de calidad nutricional (INQ) (14), por lo que podemos considerarlos como un alimento interesante para incorporar a nuestra alimentación (6).

Enfocándonos en los insectos permitidos legalmente por la Unión Europea, los dividiremos en dos órdenes; coleoptera (*Tenebrio molitor*) y orthoptera (*Locusta migratoria* y *Acheta domesticus*).

El *Tenebrio molitor* o gusano de la harina es un coleóptero o escarabajo que se suele consumir en su estado larvario. Se utiliza como alimento de reptiles y aves, aunque cada vez está más en auge para el consumo humano debido a su alto contenido proteico y lipídico que necesitan para la obtención de energía durante el proceso metamórfico. Las personas que se dedican a su cría, suelen incorporar hormonas juveniles en su alimentación para conseguir un buen tamaño larvario y retrasar su transformación a escarabajo (15).

El gusano de la harina se puede comercializar en su forma desecada o en polvo. El animal entero pasa por un proceso de escaldado para posteriormente ser secado al horno o secado al horno y molido, respectivamente. Antes de realizar estos procesos, deben de estar en un periodo de ayuno mínimo de 24h para así eliminar el contenido intestinal. Dependiendo del tratamiento y del producto obtenido, su composición nutricional varía. Este insecto se puede utilizar en la industria alimentaria entero o como ingrediente de diversos productos atendiendo a la legislación vigente (Tabla 1.2) (11).

Tabla 1.2: Condiciones, requisitos y protección de datos para utilizar el nuevo alimento, *Tenebrio molitor* desecado, en la industria alimentaria. (11)

Nuevo alimento autorizado	Condiciones en las que puede utilizarse el nuevo alimento		Requisitos específicos de etiquetado adicionales	Otros requisitos	Protección de datos
•Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (gusano de la harina) desecadas	Categoría específica de alimentos	Contenido máximo	1. La denominación del nuevo alimento en el etiquetado de los productos alimenticios que lo contengan será "Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (gusano de la harina) desecadas". 2. El etiquetado de los productos alimenticios que contengan larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (gusano de la harina) desecadas deberá incluir la declaración de que este ingrediente puede provocar reacciones alérgicas a los consumidores con alergias conocidas a los crustáceos y sus productos, y a los ácaros del polvo. Esta declaración figurará junto a la lista de ingredientes.		Autorizado el 22 de junio de 2021. Esta inclusión en la lista se basa en pruebas científicas exclusivas y en datos científicos protegidos de conformidad con el artículo 26 del Reglamento (UE) 2015/2283. Solicitante: SAS EAP Group, 35 Boulevard du Libre Échange, 31650 Saint-Orens-de-Gameville, Francia. Durante el período de protección de datos, solamente SAS EAP Group estará autorizado a comercializar en la Unión el nuevo alimento, a menos que un solicitante posterior obtenga autorización para este nuevo alimento sin hacer referencia a las pruebas científicas sujetas a derechos de propiedad o los datos científicos protegidos de conformidad con el artículo 26 del Reglamento (UE) 2015/2283, o con el acuerdo de SAS EAP Group. Fecha en la que finaliza la protección de datos: 22 de junio de 2026.».
	Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> desecadas, enteras o en polvo				
	Productos proteicos	10 g/100 g			
	Galletas	10 g/100 g			
	Platos a base de leguminosas	10 g/100 g			
Platos a base de pasta	10 g/100 g				

Es un grupo de seres vivos que comparten un ancestro común, monofiléticos, y que fueron por primera vez identificados desde el Pérmico y el Triásico superior, es decir, alrededor de 270-220 millones de años. A continuación, se muestran sus características anatómicas como orden (Figura 1.2) (16).

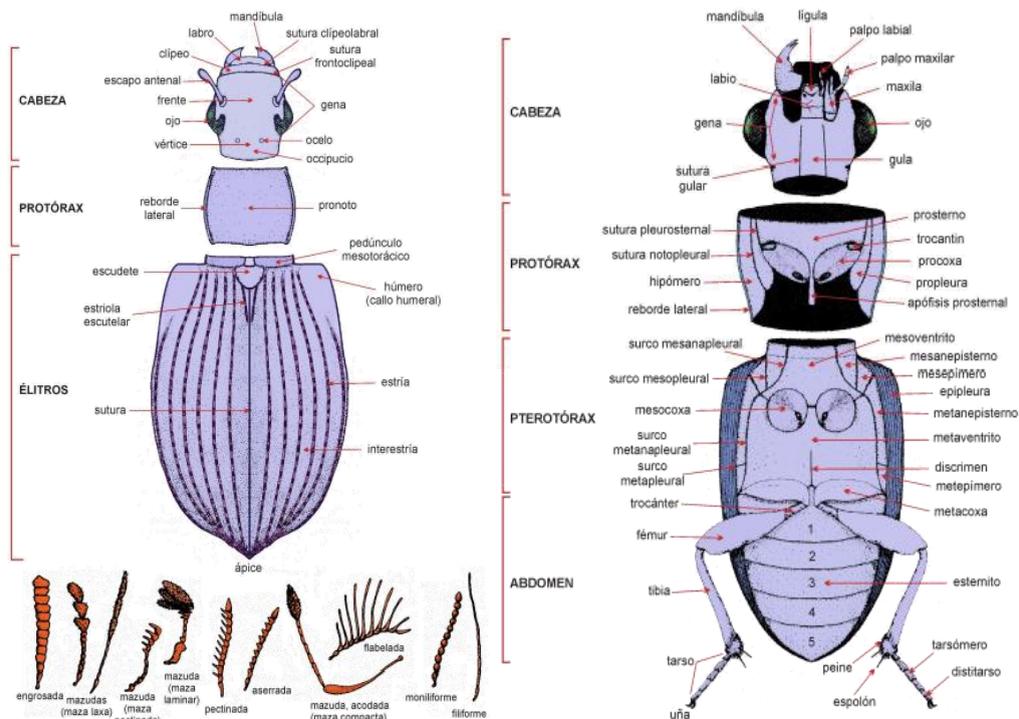


Figura 1.2: Anatomía general de los insectos de orden coleóptera (17).

Por otro lado tenemos a los ortópteros, artrópodos cuya mayoría son de tamaño considerable. Poseen ojos muy grandes, antenas, aparato masticador, alas (a veces no aparecen), y patas. El 3^{er} par de estas últimas cuenta con habilidades increíbles de salto (Figura 1.3) (16).

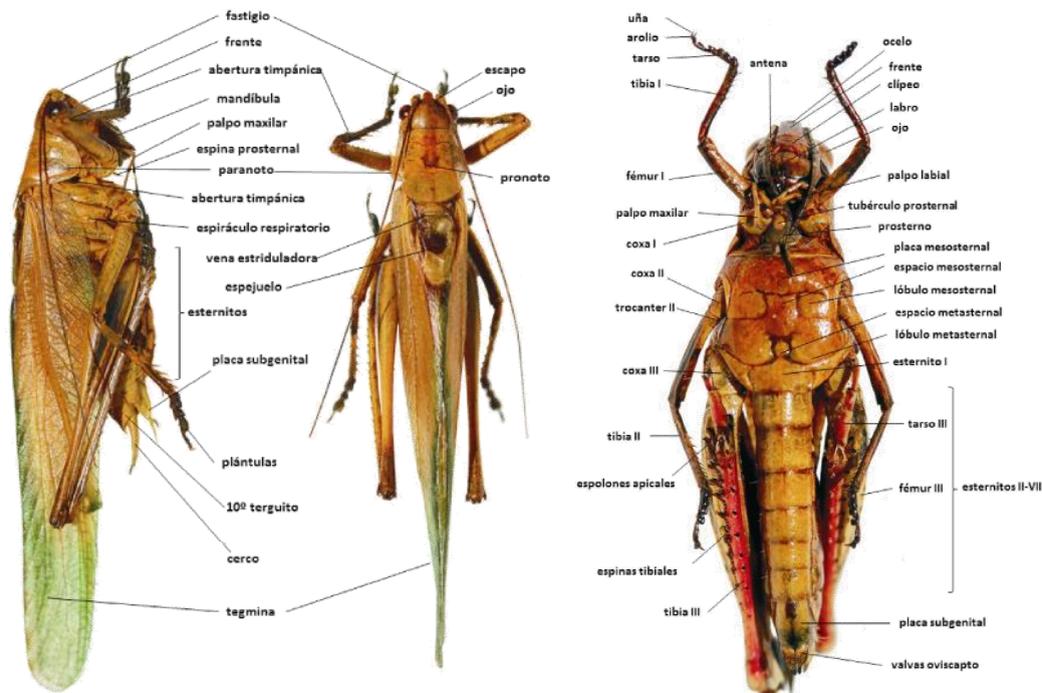


Figura 1.3: Anatomía general de los insectos de orden orthoptera (18).

Dentro de este grupo encontramos al grillo doméstico y a la langosta migratoria, entre otros muchos. El grillo doméstico (*Acheta domestica*) es una especie invasora originaria de Asia, cuya cría principalmente va destinada como alimento para animales, aunque cada vez más se está incentivando su interés en el consumo humano debido a sus numerosos beneficios. Entre estos destacan su alto valor nutricional, su bajo contenido graso en comparación con el *Tenebrio molitor* y su contenido elevado en quitina gracias a su exoesqueleto que actúa como fibra haciendo más fácil su digestión (19). Por otra parte, la langosta migratoria (*Locusta migratoria*), es la única especie dentro del género *Locusta* y, al contrario que el gusano de la harina, es considerado un insecto polifénico, pudiéndose transformar dependiendo de la superpoblación, es decir, pasar de fase solitaria a fase gregaria pasando por la intermedia. Son insectos muy móviles gracias al viento, suelen formar enjambres de langostas, consideradas hace unos años, como una de las plagas más importantes, pudiendo recorrer hasta 130 km/día. A día de hoy, el

cambio climático y las modificaciones del entorno hacen que la formación de enjambres sea improbable (20). Ambos insectos, se pueden comercializar en su forma congelada, desecada o en polvo. Los animales enteros pasan por un proceso térmico para posteriormente ser congelados, liofilizados (grillo), o liofilizados y molidos (langosta). Antes de realizar estos procesos, deben de estar en un periodo de ayuno mínimo de 24h y así eliminar el contenido intestinal. Dependiendo del tratamiento y del producto obtenido su composición nutricional varía. En el caso de la langosta, retirar las alas y las patas en forma desecada o congelada para evitar el estreñimiento. Tanto el grillo doméstico como la langosta migratoria se consumen en su etapa del ciclo vital adulta, en cambio, el gusano de la harina se consume en su etapa larvaria (10,12).

Estos 2 insectos se pueden utilizar en la industria alimentaria enteros o como ingrediente de diversos productos atendiendo a la legislación vigente (Tabla 1.3) (10,12).

Tabla 1.3: Condiciones, requisitos y protección de datos para utilizar los nuevos alimentos, *Acheta domesticus* y *Locusta migratoria*, en la industria alimentaria (10,12).

Nuevo alimento autorizado	Condiciones en las que puede utilizarse el nuevo alimento		Requisitos específicos de etiquetado adicionales	Otros requisitos	Protección de datos	
Formas congelada, desecada y en polvo de <i>Acheta domesticus</i> (grillo doméstico)	Categoría específica de alimentos	Contenido máximo (g/100 g) (comercializado como tal o reconstituido según las instrucciones)	<p>1. La denominación del nuevo alimento en el etiquetado de los productos alimenticios que lo contengan será "<i>Acheta domesticus</i> (grillo doméstico) congelado" o "<i>Acheta domesticus</i> (grillo doméstico) desecado/en polvo", dependiendo de la forma utilizada.</p> <p>2. El etiquetado de los productos alimenticios que contengan las formas congelada, desecada o en polvo de <i>Acheta domesticus</i> (grillo doméstico) deberá llevar una declaración que indique que este ingrediente puede causar reacciones alérgicas a los consumidores con alergias conocidas a los crustáceos y moluscos y a sus productos, o a los ácaros del polvo.</p> <p>Esta declaración figurará muy cerca de la lista de ingredientes.</p>		<p>Autorizado el 3 de marzo de 2022. Esta inclusión se basa en pruebas científicas sujetas a derechos de propiedad y en datos científicos protegidos de conformidad con el artículo 26 del Reglamento (UE) 2015/2283.</p> <p>Solicitante: Fair Insects B.V., Industriestraat 3, 5107 NC Dongen, Países Bajos.</p> <p>Durante el período de protección de datos, solo Fair Insects B.V. está autorizado a comercializar en la Unión el nuevo alimento, a menos que un solicitante posterior obtenga autorización para este nuevo alimento sin remitirse a las pruebas científicas sujetas a derechos de propiedad o a los datos científicos protegidos de conformidad con el artículo 26 del Reglamento (UE) 2015/2283 o con el acuerdo de Fair Insects B.V.</p> <p>Fecha en la que finaliza la protección de datos: 3 de marzo de 2027.</p>	
		Congelado				Desecado o en polvo
	Formas congelada, desecada y en polvo de <i>Acheta domesticus</i>					
	Productos proteicos, excepto los sucedáneos de carne	40				20
	Panes y panecillos	30				10
	Productos de panadería, barras de cereales y productos a base de pastas rellenas	30				15
	Galletas	30				8
	Productos a base de pastas (secas)	3				1
	Sopas y concentrados o polvos de sopa	20				5
	Productos elaborados a base de patata; platos a base de leguminosas y hortalizas y productos a base de pastas o pizza	15				5
	Aperitivos a base de harina de maíz	40				20
	Bebidas similares a la cerveza, mezclas para bebidas alcohólicas	1				1
Frutos secos, semillas oleaginosas y garbanzos	40	25				
	Salsas	30	10			
	Preparados de carne	40	16			
	Sucedáneos de carne	80	50			
	Artículos de chocolate	30	10			
	Productos a base de leche fermentada congelados	15	5			

Nuevo alimento autorizado	Condiciones en las que puede utilizarse el nuevo alimento		Requisitos específicos de etiquetado adicionales	Otros requisitos	Protección de datos	
«Formas congelada, desecada y en polvo de <i>Locusta migratoria</i> (langosta migratoria)	Categoría específica de alimentos	Contenido máximo (g/100 g) (comercializado como tal o reconstituido según las instrucciones)	<p>1. La denominación del nuevo alimento en el etiquetado de los productos alimenticios que lo contengan será “<i>Locusta migratoria</i> (langosta migratoria) congelada”, “<i>Locusta migratoria</i> (langosta migratoria) desecada/en polvo” o “<i>Locusta migratoria</i> (langosta migratoria) entera en polvo”, en función de la forma utilizada.</p> <p>2. El etiquetado de los productos alimenticios que contengan las formas congelada, desecada o en polvo de <i>Locusta migratoria</i> (langosta migratoria) deberá llevar una declaración que indique que este ingrediente puede causar reacciones alérgicas a los consumidores con alergias conocidas a los crustáceos y moluscos y a sus productos, o a los ácaros. Esta declaración figurará muy cerca de la lista de ingredientes.</p>		<p>Autorizado el 5.12.2021. Esta entrada se basa en pruebas científicas sujetas a derechos de propiedad y datos científicos protegidos de conformidad con el artículo 26 del Reglamento (UE) 2015/2283. Solicitante: Fair Insects BV, Industriestraat 3, 5107 NC Dongen, Países Bajos. Durante el período de protección de datos, solo Fair Insects BV está autorizado a comercializar en la Unión el nuevo alimento, a menos que un solicitante posterior obtenga autorización para este nuevo alimento, sin remitirse a las pruebas científicas sujetas a derechos de propiedad o a los datos científicos protegidos de conformidad con el artículo 26 del Reglamento (UE) 2015/2283 o con el acuerdo de Fair Insects BV. Fecha de finalización de la protección de datos: 5.12.2026.».</p>	
		Congelada				desecada o en polvo
	Formas congelada, desecada y en polvo de <i>Locusta migratoria</i>					
	Productos elaborados a base de patata: platos a base de legumbres y productos a base de pasta	15				5
	Sucedáneos de carne	80				50
	Sopas y sopas concentradas	15				5
	Legumbres y verduras en lata/tarro	20				15
	Ensaladas	15				5
	Bebidas similares a la cerveza, mezclas destinadas a bebidas alcohólicas	2				2
	Artículos de chocolate	30				10
	Frutos secos, semillas oleaginosas y garbanzos					20
	Productos a base de leche fermentada congelados	15				5
Salchichas	30	10				

Adentrándonos en cuanto a composición nutricional se refiere, las 3 especies son ricas en proteínas y grasas, aunque el contenido mineral y vitamínico difiere entre ellas (Tabla 1.4). A menudo, es fácil encontrar estudios que comparen la calidad nutricional de los insectos como alternativa viable a los productos cárnicos (Tabla 1.5), pero lo más factible es utilizarlos como un aporte nutricional extra para conseguir la disminución del consumo de carne, más que la eliminación de esta (21).

Tabla 1.4: Composición nutricional de *Locusta migratoria*, *Acheta domesticus* y *Tenebrio molitor* (11,12,14,22–24). Elaboración propia.

Especies de insectos desecadas	Valor energético (Kcal/100g)	Proteínas (g/100g de materia seca)	Grasas (g/100g de materia seca)	Hidratos de carbono (g/100g de materia seca)	Minerales (mg/100g de materia seca)	Vitaminas (µg o mg /100g de materia seca)
Acheta domesticus (grillo común adulto)	153	20,5	TOTALES (5,06) PUFA (2,43) SFA (2,28)	1-4	Ca (99,6) Cu (0,62) Fe (5,46-8,83) Mg (55,1) P (299,3) Na (163-178) K (347-390) Zn (6,71-11) Mn (1,15)	A (6,53 µg) E (2,26 mg) B ₁ (0,04 mg) B ₂ (3,41 mg) B ₃ / PP (3,84 mg) B ₆ (0,23 mg) B ₁₂ (0,53 µg) C (3 mg)
Locusta migratoria (langosta migratoria adulta)	400-500	40-60	TOTALES (4,3) PUFA (3,75) SFA (3,5)	0,1-2	Fe (8-20)	Provitamina A (958,44 µg/100g) Vitamina C (102,17mg/100g)
Tenebrio molitor (gusano de la harina, larva)	178	24,13	TOTALES (6,14) PUFA (5,85) SFA (2,32)	1-6	Ca (24,2) Cu (0,75) Fe (2,87) Mg (69) P (295) Na (66) K (368) Zn (4,86) Mn (0,46)	A (<30 µg) E (<0,34 mg) B ₁ (0,1 mg) B ₂ (0,85 mg) B ₃ / PP (5,64 mg) B ₆ (0,81 mg) B ₁₂ (0,56 µg) C (5,4 mg)

Tabla 1.5: Comparación de nutrientes básicos entre *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor* y productos cárnicos (14).

Especies de nutrientes básicos	Energía (kcal/100 g)	Proteína (g/100 g)	Lípidos (g/100 g)	Fibra (g/100 g)	Colesterol (mg/100 g)
<i>Acheta domesticus</i> A	153	20.5	5.06	4.6	98.5
<i>Tenebrio molitor</i> A	178	24.13	6.14	7.4	
Pata de cordero	196.56	15.12	15.12	-	65.52
Pata de ternera	85.32	15.72	2.45	-	56.09
Carne de caballo	109	21.5	2.5	-	75
Paleta de cerdo	13.2	16.89	7.05	-	50.02
Solomillo de ternera	112	20.1	3.5	-	59
Canal de conejo	123.24	16.59	6.32	-	51.35
Canal de ganso	140.63	5.78	13.04	-	32.8
Canal de pato	199.04	8.64	18.30	-	48.64
Pechuga de pavo	83	19.2	0.7	-	49
Muslo de pavo	100	16.6	3.7	-	81
Pechuga de pollo	98	21.5	1.3	-	58
Muslo de pollo	125	17.8	6	-	84

1.4.1.1 Proteínas

Los productos de origen animal (carnes, pescados, huevos, lácteos...) son una fuente rica en proteínas de alto valor biológico que cuentan con una alta tasa de digestibilidad y absorción de aminoácidos (25). Las fuentes proteicas alternativas a estas, además de las vegetales, son de verdadera importancia para garantizar y satisfacer las necesidades nutricionales de la población mundial. Una de estas fuentes serían los insectos (4). En general, el contenido proteico varía en función de la familia, la especie, el sexo... y se suele expresar en función de la materia seca. Su digestibilidad es muy variable dependiendo de la especie, esto es debido a que parte de las sustancias nitrogenadas que contienen están unidas a la quitina (polisacárido) que se encuentra en el exoesqueleto de los insectos. En el caso del grillo, los machos tienen más quitina y cadenas nitrogenadas que las hembras, por lo que su composición de nitrógeno difiere de su composición proteica real, lo cual no significa que por una mayor cantidad de sustancias nitrogenadas tengamos una biodisponibilidad alta (26).

El valor biológico de las proteínas que se encuentran en estos animales es alto, sobre todo en los ortópteros. Los insectos son ricos en fenilalanina, tirosina, lisina, treonina y triptófano. Esta composición varía en función de la alimentación del insecto (natural o a base de piensos). Cabe destacar entre ellos a la leucina, ya que en este tipo de fuente alimentaria es un aminoácido limitante (14). En el caso de los ortópteros, el contenido proteico es mayor que en la carne de cabra, el pollo o el cerdo, aunque su digestibilidad es menor. Hay que apuntar, que la proteína de los ortópteros se digiere mejor que la mayoría de productos vegetales como la soja, el maíz, el trigo o el arroz (26).

Lo más alentador, en cuanto a futuras investigaciones, son las propiedades gelificantes que poseen estas proteínas obtenidas a través de fracciones acuosas de los insectos (22).

1.4.1.2 Carbohidratos

Los carbohidratos (HC) dentro de los macronutrientes que se encuentran en los insectos, son los que menos predominan, contando con un 15-50% en órdenes como coleoptera y orthoptera. En los seres humanos, los HC son mucho más importantes, suponiendo su principal fuente de energía (27). Dentro de este grupo nutricional, las abundantes cantidades de polisacáridos que contienen estos seres vivos desempeñan un lugar importante en la mejora del sistema inmunológico en el hombre (28).

En el caso de los grillos, los carbohidratos intervienen como una fuente muy importante de energía para su crecimiento sintetizándolo a partir de ácidos grasos y almacenándolo en forma de glucógeno en su organismo al igual que las personas. Cuando les es necesario utilizar este recurso energético, el glucógeno se hidroliza convirtiéndose en un compuesto fácil de utilizar, la trehalosa. Esta sustancia es un disacárido que está compuesto por un enlace α -1,1-glicosídico entre dos moléculas de α -glucosa, pudiéndose hidrolizar aún más generando monosacáridos de glucosa. Existen otros hidratos de carbono como la quitina que se encuentran en los artrópodos y cuya función es meramente estructural para ellos (véase 1.4.2.1) (26).

1.4.1.3 Grasas

Es la segunda fracción que más abunda, por detrás de las proteínas, en los insectos, sobre todo en su etapa larval. El contenido lipídico que suelen presentar es alto, incluso en algunos es superior a los alimentos cotidianos de nuestra dieta (carne, pescado, leche o huevos) (24). En los ortópteros (*Acheta domesticus* y *Locusta migratoria*) suele oscilar sobre el 13%, mientras que en los coleópteros (*Tenebrio molitor*) ronda alrededor del 33% (22,29). En aquellos países en vías de desarrollo, el consumo de estos invertebrados puede ser de utilidad para paliar o evitar la malnutrición, la desnutrición y la inanición, ya que estos problemas suelen ser causados por un problema energético más que proteico (28,30). La fracción grasa de los insectos comestibles es la más importante a evaluar y se suele medir al igual que con las proteínas en el extracto seco del animal (23).

Los ácidos grasos de los pescados y las aves de corral tienen comparables grados de insaturaciones al igual que los insectos aunque, en estos últimos, predominan más los poliinsaturados (PUFA), pero como he comentado anteriormente, el tipo de ácidos grasos varía debido a la alimentación del insecto. Algunos de los ácidos grasos que contienen estos animales son esenciales para el ser humano, por lo que su utilidad está más que comprobada (Tabla 1.6) (29).

Comúnmente, algunas especies como el grillo, contienen niveles altos de Om3 y Om6 en relación 3:1, que en comparación con algunos de los mamíferos terrestres y los peces de agua dulce son, significativamente, más elevados. Es cierto que los animales que viven en medios acuáticos salados, tienden a tener mayores niveles de Om3 que los expuestos (24).

Tabla 1.6: Especies de ácidos grasos presentes en el grillo doméstico y en el gusano de la harina (14).

Especies de ácidos grasos	<i>Acheta domestica</i>	<i>Tenebrio molitor</i> L.
SFA	2.28	2.32
C 10:0	0.011	-
C 12:0	<0.02	<0.02
C 14:0	0.04	0.29
C 15:0	<0.02	<0.02
C 16:0	1.58	2.29
C 17:0	0.02	<0.02
C 18:0	0.58	0.39
C 20:0	0.04	0.03
MUFA	1.694	2.51
C 14:1	0.02	-
C 15:1	-	-
C 16:1	0.09	0.35
C 17:1	<0.01	0.03
C 18:1	1.54	5.39
C 20:1	0.02	-
C 22:1	0.014	-
PUFA	2.43	5.85
C 18:2 n-6	2.29	-
C 18:3 n-3	0.06	-
C 20:3 n-6	0.02	-
C 20:5 n-3	0.06	-
PUFA/SFA	1.07	2.52
PUFA n-3	0.12	-
PUFA n-6	2.31	-
PUFA n-6/PUFA n-3	19.25	19.44
AI	0.42	0.33
TI	0.90	0.28
I/H	2.45	3.82

1.4.1.4 Minerales

Como hemos comentado, los insectos se pueden consumir de varias formas, aunque si lo que buscamos es un alto contenido en minerales, lo mejor es consumirlos enteros al igual que los peces pequeños. Por el contrario, los alimentos de origen cárnico suelen estar más desaprovechados en ese sentido debido a que

secciones de ellos no se consumen y se desechan (cabeza, órganos...) (24). El contenido mineral de los insectos es muy variable (Na, K, Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, I), aunque podemos destacar que poseen fuentes más altas de hierro y zinc que las carnes de cerdo, res o pollo (31).

Estos minerales son muy apreciados en países con bajos recursos y déficits nutricionales. Sin embargo, el calcio no se encuentra en grandes cantidades debido a la falta de esqueleto mineralizado de estos (Tabla 1.7). En cuanto a su biodisponibilidad, está en duda si es alta al igual que la de los productos cárnicos, por lo que es necesario nuevas investigaciones para evaluarlo (14,26,32).

1.4.1.5 Vitaminas

Las vitaminas son aquellos nutrientes repudiados, en cuanto a cantidad de estudios se refiere, en los insectos. Así lo vemos en las tablas de composición de alimentos de FAO/INFOODS (33). En general, estos invertebrados poseen distintas vitaminas (A, E, C, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₈, B₁₂, y en ocasiones B₉), aunque algunas de ellas en muy poca proporción como lo son la A, la C y la B₃ (22,23,26). Es destacable, que la langosta migratoria es rica en provitamina A y que el polvo del gusano de seda liofilizado tiene altas cantidades de vitamina E (2).

Teniendo en cuenta lo expuesto, el contenido vitamínico variará en función de la especie, la estacionalidad y el alimento que consume el insecto. Lo que se propone, y en algunas granjas lo llevan a cabo, es, al igual que con el ganado, utilizar piensos enriquecidos en vitaminas y conseguir satisfacer con ello las necesidades de la población (26).

Tabla 1.7: Comparación de algunos micronutrientes entre productos cárnicos e insectos (32).

Valor diario ^a	norte	Energía (Kcal) 2000	Contenido de nutrientes por 100 g de porción comestible			
			Proteína (g)	Grasa (g)	Grasa saturada (g)	sodio (mg)
			50	sesenta y cinco	20	2400
Carne de vaca	42	169	20.6	9.3	3.8	60
		139–218	19.2–21.6	5.1–15	2.48–6.1	52,5–66,5
Pollo	25	152	19.9	7.2	1.81	80
		127–198	18–22	4–13,9	0.8–4	69–89,5
Cerdo	10	186	20.1	12.4	3.5	62
		123–218	18,6–21,5	4–16,2	1.4–5.45	55,5–67,5
Despojos (carne de vacuno)	8	108	16.9	3.45	1	71
		92–126	15,6–18,6	2.18–5.38		28–114
Despojos (pollo)	10	133	16.8	6.8	12.1	66
		110–250	10,5–18,1	3.75–19	6.4–12.9	50,5–79,5
Despojos (carne de cerdo)	13	108	16.9	4.15	1.2	132
		97,3–125	15.3–18.2	3.13–8.3	1.05–2.39	119–140
Grillo (adulto)	8	153	20.1	5.06	2.28	152
		147–159	13.2–20.3	3.51–6.05		143–178
Abeja (cría)	5	499	15.2	3.64	2.75	19.4
			12.3–18.1	3.27–4.52		
Gusano de seda (pupas)	3	128	14.8	8.26	3.45	14
		126–131	13,5–20,8	7.63–11.9	2,94–3,95	
Oruga Mopane (último estadio)	3	409	35.2	15.2	5.74	
			35,2–44,6	14,5–15,2		
Picudo de las palmeras (larvas)	15	479	9.96	25.3	9.84	11
		452–582	8.38–20.7	24,7–38	8.31–32.3	1.2–109
Gusano de la harina (larvas)	26	247	19.4	12.3	2.93	53.7
		215–268	18.1–22.1	11.2–15.4	2.59–4.17	46,9–54,2

^a Valores diarios de la Guía de etiquetado de alimentos de EE. UU. Todos son valores de referencia diarios (DRV) con la excepción del sodio, que es un valor de ingesta diaria recomendada (RDI).

1.4.1.6 Antinutrientes

Según el Diccionario de Bioquímica y Biología Molecular de Oxford (34), “los antinutrientes son compuestos naturales o sintéticos que interfieren con la absorción de nutrientes”. Entre los que podemos encontrar en los insectos, destacamos; toxinas, fitatos, taninos, fenoles, hidrocianuros (HCN), oxalatos y ácido fítico (35). Algunas de estas sustancias también ofrecen efectos beneficiosos para la salud como los fitatos, los taninos y los fenoles por sus propiedades antioxidantes (36), aunque estos últimos pueden interferir con la absorción del hierro y generar anemias (37). Hay que tener en cuenta que para verdaderamente ejercer un efecto antinutricional, estos compuestos tienen que encontrarse en cantidades suficientes. En el caso de los insectos, sus niveles son muy bajos por lo que se consideran seguros y nutricionalmente aceptables. Es cierto que todavía siguen en debate las diferentes interacciones de estos compuestos con los nutrientes, las concentraciones en las cuáles impiden la absorción de estos y sus posibles aplicaciones farmacéuticas, por lo que es necesario realizar estudios más minuciosos sobre los antinutrientes aislados de los insectos (38).

1.4.2. Compuestos bioactivos

1.4.2.1 Quitina y Trehalosa

En los artrópodos podemos encontrar un polisacárido natural considerado el segundo biopolímero más abundante seguido de la celulosa, la quitina. A través de la desacetilación parcial de esta sustancia se obtiene el quitosano, utilizado comercialmente como suplemento alto en fibra. Es sabido que los insectos, tales como los grillos destinados como alimento para animales de engorde, enteros o a través de piensos, tienen efecto reductor de grasa gracias a la quitina, haciendo que aquellos animales que los consuman sean más delgados que otros que consuman otro tipo de piensos o sustentos carentes de esta (39).

Sin embargo, la quitina reduce la digestibilidad de los insectos ya que es una fibra no digerible a pesar de que en nuestros jugos gástricos se encuentre la enzima quitinasa. Esto sucede porque en la población Europea, esta proteína se encuentra inactiva. También, por otro lado, puede conducir a un cálculo erróneo del contenido

proteico a consecuencia de su unión con cadenas nitrogenadas, previamente comentadas, inflando el contenido proteico real. Por consiguiente, para poder obtener proteína de calidad, es necesario eliminar la quitina, por ejemplo, a través del proceso de liofilización (23).

El quitosano se suele utilizar como aditivo para rumiantes, disminuyendo así las emisiones de metano, y para plantas, activando sus defensas frente patógenos, entre otros numerosos beneficios para la salud. En el caso de los humanos, el consumo de fuentes alimentarias como el polvo de grillo aumenta 5,7 veces el probiótico *Bifidobacterium animalis*, dotando al quitosano de propiedades farmacológicas, antimicrobianas, antivirales, anticoagulantes, antihipertensivas, hipolipidémicas e hipercolesterolémicas (40–44).

En el siglo XIX, Berthelot, describió un disacárido encontrado en los huevos de escarabajos del género *Larinus*, al que denominó trehalosa. Esta sustancia, también llamada micoso, al estar formada por dos glucosas es considerada un azúcar insípido y transparente que permite preservar estructuras celulares como membranas y proteínas que han sido deshidratadas, pudiendo reemplazar así al agua. Los insectos poseen este compuesto como reserva energética en la hemolinfa y en los músculos del tórax. De facto, cuando un organismo anhidrobionte es deshidratado y, posteriormente, rehidratado puede sobrevivir incluso después de varios ciclos, años o décadas. Es también interesante a la hora de consumir productos que no se puedan obtener frescos debido a su lejanía procedencia, secándolos con trehalosa y, posteriormente, rehidratarlos y servirlos como frescos (45).

Actualmente, tenemos constancia de que este compuesto se encuentra distribuido en la naturaleza desde microorganismos como bacterias, hasta insectos, hongos y plantas, incluso en numerosos alimentos como la miel y en fermentados como la cerveza, el vino o el vinagre. Además, algunos seres vivos contienen genes funcionales capaces de codificar la enzima trehalasa que permite degradar este compuesto. Entre ellos encontramos al *Homo sapiens* capaz de sintetizarla en el riñón, donde continuamente se produce la osmorregulación en la que la trehalosa

constituye un papel fundamental (45, 46). Diversos estudios clínicos apuntan que las intolerancias a la trehalosa o intolerancia a los champiñones son muy poco comunes y conocidas. Son ocasionadas por la falta o el deterioro en la síntesis de la enzima trehalasa en el intestino delgado, derivando en su posterior fermentación bacteriana y generando síntomas como gases, diarreas, dolor abdominal... Se puede diagnosticar a través de la medición de la enzima trehalasa en una biopsia, aunque también se puede hacer a través del test H₂ de aire espirado que es menos invasivo. Las intolerancias hacia este compuesto son bastante más bajas en comparación con aquellas que origina el déficit de lactasa con la ingestión de lácteos (46).

Recientes estudios han afirmado que el uso de la trehalosa como edulcorante artificial ofrece beneficios tanto fisiológicos como cardiometabólicos; fomenta la pérdida de peso, mejora el control glucémico e incluso reduce la resistencia insulínica. Su utilización podría ayudar a disminuir el riesgo de padecer obesidad y diabetes tipo 2. Se necesitan más estudios para evaluar el mecanismo de acción y su seguridad (47).

1.4.2.2 Péptidos antimicrobianos

Los AMP o péptidos antimicrobianos son pequeños polipéptidos (30-60 aminoácidos) que se encuentran en los insectos. Están codificados por genes y son creados en las células por una estructura denominada ribosoma. Entre los más destacados podemos encontrar las lebocinas, las attacinas, las cecropinas, las defensinas... Entre muchos otros ricos en moricinas, prolinas y gloverinas. El uso de los AMP como sustancias antimicrobianas ha sido ampliamente estudiado, de hecho, se ha demostrado que péptidos ricos en prolina (abaecina) y ricos en glicina (hime-noptaecina) combinados tienen efecto bactericida (48). En estos animales se pueden clasificar los AMP en péptidos ricos en cisteína, en prolina, en glicina y péptidos α -helicoidales, pudiendo ser eficaces para combatir desde la *Escherichia coli* hasta la *Listeria monocytogenes*. El estudio de estos compuestos en los insectos es muy reciente y escaso por lo que aún queda mucho camino por recorrer, ya que dependiendo del insecto varía mucho el número y el modo de acción de estos. (49)

Es cierto que, la mayor reserva de péptidos antimicrobianos se encuentra en las distintas e inexploradas especies de insectos que pueden ser de utilidad como alternativa a los antibióticos convencionales, enfrentándose a la patogenicidad de microorganismos multirresistentes (50). Sin embargo, el uso de insectos como fuente de AMP o de sus hidrolizados proteicos necesita aún mucha investigación debido a la inactividad de los aminoácidos de las proteínas originales, al grado de hidrólisis, a su estructura y su composición... (51) Y, a su vez, es imprescindible profundizar en sus posibles efectos secundarios como la inmunogenicidad, la citotoxicidad o las alergias relacionadas con estos (50).

1.4.2.3 Compuestos antioxidantes

Los seres humanos sufrimos un proceso bioquímico esencial para la vida que se denomina oxidación. Esta consiste en la pérdida o disminución de electrones y, por consiguiente, en la producción de energía. A veces, se produce de manera excesiva y genera lo que conocemos como estrés oxidativo junto con los radicales libres que dañan a las células del organismo. Para combatir con este estrés, necesitamos de la ayuda de compuestos denominados antioxidantes que se encargan de inhibir y/o reducir este proceso, oxidándose ellos para evitar o disminuir el envejecimiento, el cáncer, la artritis u otras patologías asociadas (52).

Algunas especies de insectos poseen estos compuestos aunque medir su capacidad antioxidante a través de una única metodología no es tarea fácil. Esto es debido a la variabilidad de mecanismos antioxidantes y a la complejidad biológica de los organismos. Las harinas e incluso los hidrolizados de proteínas de insectos han demostrado ser unos antioxidantes prometedores en cuanto a la eliminación de radicales libres y su poder reductor (53). Por ejemplo, en el siguiente estudio, se calculó la actividad antioxidante a través de extractos de larvas liofilizadas de *Tenebrio molitor* obtenidos con ayuda de solventes polares y no polares. Dependiendo del extracto utilizado, la capacidad antioxidante lipofílica e hidrofílica será distinta. Se ha comprobado, que los extractos de larvas crudas y secadas con infrarrojos, microondas o alta frecuencia indican mayores cantidades de compuestos y capacidad antioxidante que aquellas secadas en horno (54).

Los mecanismos a través de los cuales los hidrolizados de proteínas ejercen la actividad antioxidante no se conocen del todo, pero se sabe que tanto el tipo de los aminoácidos que los componen como su secuencia, son imprescindibles para su actividad antioxidante (55). Es más, al encontrarse las proteínas hidrolizadas, los péptidos son de menor peso molecular lo que contribuye en el aumento del potencial antioxidante (56).

También se ha demostrado la capacidad de los insectos para inhibir la lipasa pancreática, de facto, en este estudio se afirma que los extractos de *Tenebrio molitor* en comparación con los de *Acheta domesticus* tienen mayor actividad antioxidante, y con ello una mayor capacidad de inhibición de la lipasa pancreática. La actividad antioxidante solo se ha evaluado cuando estos animales están en extractos desgrasados por lo que aún queda por evaluar si el componente graso interfiere en esa actividad (57). Esta investigación servirá para la innovación de productos alimenticios que fomenten la salubridad de la población humana a través de sus ingredientes bioactivos (58,59).

1.4.2.4 Otros

Numerosos estudios en ratones de complejión obesa que han sido alimentados con larvas de *Tenebrio molitor* en polvo, han revelado el poder reductor de estas sobre la diabetes tipo II y la acumulación de lípidos y triglicéridos en los adipocitos (60). Por otra parte, en la patogenia de la diabetes interviene el retículo endoplasmático (RE), el cual cuando sufre estrés aumenta la pérdida de células B pancreáticas y la resistencia insulínica. Gracias a extractos de etanol de algunos insectos como el del escarabajo, se pudo reducir el estrés en el RE de los ratones al inyectar el extracto directamente en su cerebro (61). A su vez, se especula el papel que la polilla de la cera, el gusano de la seda y el gusano amarillo cumplen en la disminución de la hipertensión (HTA) en ratones, a través de la inhibición de la angiotensina (ECA). Sin embargo, son necesarios estudios posteriores que confirmen in vivo estos efectos en humanos (61).

1.5. Extractos proteicos y su aplicación

Una alternativa al desabastecimiento de alimentos para la obtención de proteínas de alta calidad sería obtenerlas de algunas especies de insectos cuya composición de aminoácidos sea óptima. Las proteínas que se encuentran en el gusano de la harina, *Tenebrio molitor*, han demostrado tener una composición proteica de gran calidad. Estos insectos poseen, sobre todo, unas cantidades de leucina considerables que estimulan la síntesis proteica muscular, al igual que los productos lácteos. Hay que tener en cuenta que, un aumento de forma considerable en la masa muscular, no es viable sin la realización de ejercicio previo. Esto se debe a que es necesario conseguir la sensibilización del tejido músculo-esquelético. Para aquellas personas con un déficit proteico o con resistencia anabólica, como pueden ser las personas de tercera edad, es imprescindible ofrecerles proteínas de mayor calidad y de alto valor biológico (25).

En cuanto a la composición de aminoácidos presentes en los insectos, son de la calidad necesaria requerida para su utilización como suplemento proteico para deportistas o personas que los precisen. Es sabido que, la calidad de estos en los invertebrados es comparable a los obtenidos de productos de origen animal y vegetal según la Organización Mundial de la Salud (OMS)/FAO/ONU (14). Numerosas investigaciones anteriores, han identificado el triptófano, la cisteína y la lisina como los primeros aminoácidos limitantes en la mayoría de los insectos comestibles y, en concreto, en las órdenes Blattodea, Díptera, Hemiptera e Isoptera se encuentran deficiencias en al menos uno de los aminoácidos siguientes; isoleucina, leucina, lisina metionina y/o cisteína. Sin embargo, los aminoácidos limitantes varían mucho entre las diversas especies de insectos. Por ejemplo, aquellos niños que se encuentran en países en vías de desarrollo y sufren muchas carencias que derivan en retraso de crecimiento, suelen tener una dieta deficitaria en lisina, por lo que insectos ricos en esta podrían contribuir a evitar y paliar estas situaciones (4).

Siempre hay que matizar que existe diferencia entre el nivel considerado recomendado de aminoácidos y el nivel mínimo de ingesta requerida de cada aminoácido. El enfoque de PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score) y DIAAS (Índice de Aminoácidos Indispensables Digestibles) para evaluar la

calidad de las proteínas de los insectos se puede comparar con las fuentes de péptidos habituales en la población occidental (Tabla 1.8) (4).

Tabla 1.8: Comparación de los distintos aminoácidos encontrados en *Tenebrio molitor* y *Acheta domesticus* con distintos productos cárnicos (14).

Especies	Aminoácidos esenciales								Aminoácidos no esenciales									
	Ile	Leu	Lys	Mth	Tryp	Phe	His	Thre	Val	Arg	Cys	Tyr	Ala	Aa	Ga	Gly	Pro	Ser
<i>Acheta domesticus</i> A	940	2050	1100	300	130	650	480	740	1070	1250	170	1000	1800	1720	2150	1040	1150	1020
<i>Tenebrio molitor</i> A	1030	1960	1050	300	260	620	680	810	1500	1020	140	790	1810	1660	2280	2000	1500	980
Pata de cordero	773	1195	1267	381	196	621	425	727	785	1068	198	512	1026	1362	2289	919	725	650
Pata de ternera	826	1293	1349	413	174	660	551	688	853	1074	137	578	991	1514	2311	881	743	688
Carne de caballo	1457	2129	2240	627	226	853	627	874	1122	1613	292	829	1212	1860	2735	964	896	943
Paleta de cerdo	821	1432	1483	487	235	699	584	966	927	1085	207	622	1064	1540	2542	921	659	620
Solomillo de ternera	997	1680	1844	560	232	911	706	951	1038	1309	265	746	1210	1862	3165	1007	783	835
Canal de conejo	825	1277	1462	452	186	771	426	717	851	1063	213	611	1010	1595	2738	851	851	691
Canal de ganso	264	493	515	144	84	254	162	268	287	390	41	206	365	547	917	357	257	232
Canal de pato	391	611	686	214	95	329	250	370	479	580	104	280	589	752	1445	656	438	372
Pechuga de pavo	915	1419	2015	522	248	703	537	994	953	1237	121	618	1191	1901	3246	941	813	826
Muslo de pavo	797	1233	1758	452	217	607	468	865	826	1065	105	536	1029	1647	2823	775	681	717
Pechuga de pollo	1251	1579	2022	631	360	772	941	911	1345	321	279	735	1441	2157	3505	1334	1028	886
Muslo de pollo	982	1240	1590	497	283	606	739	715	1057	1154	220	578	1134	1694	2756	1049	809	697

Este estudio experimental en el que se incluyen 1000u. de *Acheta domesticus*, 1000u. de *Tenebrio molitor*, 1000u. de *Zhophobas morio* y 500u. de *Rhynchophorus ferrugineus* que son congelados y molidos para la obtención de harinas ricas en proteínas y otras sustancias, muestra que la ingestión de larvas del gusano de la harina y del concentrado de proteínas de la leche, contienen péptidos de rápida digestión y, por tanto, aminoácidos de rápida absorción. Este proceso cuenta con más del 70% de la fenilalanina liberada a la circulación sanguínea durante un período posprandial de 5 horas. La ingestión del concentrado de proteínas de la leche y del gusano de la harina aumentaron por igual las tasas de síntesis de proteína muscular, tanto en reposo como durante la recuperación del ejercicio de resistencia (36).

Los hidrolizados proteicos cuentan con propiedades funcionales entre las que destacan las nutricionales. Esto viene determinado por la solubilidad, gracias a la cuál tienen su capacidad como estabilizadores de emulsiones y/o formadores de geles. Para conseguir aumentar la funcionalidad de las proteínas y sus hidrolizados, es necesario una modificación enzimática. Estas propiedades las vemos en harinas como las larvas de oruga (*Imbrasia oyemensis*) tanto desgrasadas como nativas, aunque su solubilidad es baja debido a su punto isoeléctrico. La fracción proteica hidrolizada tiene una solubilidad mucho mayor, de un 80%. También se comparó harina integral (espumante y poco estabilizante) con desgrasada (poco espumante), obteniendo como resultado que la proteína de grillo era la que mayor capacidad espumante tiene (49).

Todo esto sería interesante en cuanto a las capacidades anabólicas de las harinas de insectos y de su posibilidad de aumentar la disponibilidad posprandial de los aminoácidos en sangre (25).

1.5.1. Harinas de insectos

Actualmente, las harinas de insectos es un producto que está en auge y cuya composición es del todo alentadora. Caracterizadas por un alto contenido proteico y un bajo contenido graso, principalmente poliinsaturado. El componente mayoritario, en este caso las proteínas, suele oscilar entre el 7% y el 91% del peso de la materia seca, aunque va a depender de la especie de insectos en cuestión. La mayor parte de los insectos contienen sobre un 60%. Según el siguiente estudio, la harina con mayor contenido proteico es la de *Acheta domesticus* y la que tiene el contenido más bajo es la de *Tenebrio molitor*, en comparación con *Zophobas morio* y *Rhynchophorus ferrugineus*. En cuanto al contenido graso, se encontrarían en un punto intermedio en comparación con otras harinas como las de *Zhophobas morio* (contenido graso más alto) y *Rhynchophorus ferrugineus* (contenido graso más bajo) (Tabla 1. 9) (36).

Tabla 1.9: Composición nutricional de las harinas desgrasadas de insectos comestibles (36).

Muestra	Proteínas	Grasas	Cenizas	Húmedad
ADF	72.55 ± 0.21a	4.49 ± 0.16b	4.77 ± 0.04a	4.95 ± 0.19b
RFF	68.18 ± 1.56b	2.42 ± 0.05c	2.66 ± 0.04d	4.99 ± 0.02b
TMF	64.17 ± 0.31c	4.67 ± 0.07b	3.04 ± 0.24c	6.29 ± 0.71a
ZMF	67.56 ± 0.70b	5.29 ± 0.19a	3.55 ± 0.03b	6.58 ± 0.11a

Valor expresado en g/100g de materia seca (valores medios)

Los valores seguidos en la misma columna no difieren significativamente ($p > 0,05$), según la prueba de rango múltiple de Tukey.

ADF: Harina de *Acheta domesticus*; TMF: Harina de *Tenebrio molitor*; ZMF: Harina de *Zhophobas morio*; RFF: Harina de *Rhynchophorus ferrugineus*.

La densidad proteica de las distintas órdenes en materia seca es comparable a los productos de origen animal y vegetal convencionales, aunque las proporciones proteicas varíen de unas a otras, entre especies e incluso entre insectos dentro de una misma especie (Figura 1.4). Por otra parte, pueden contribuir a las variaciones en el contenido proteico otros factores como la dieta, las fases del desarrollo en las que se encuentre el animal, la región donde se encuentre, la estación de recolecta y su procesamiento antes de realizar el método de análisis (4).

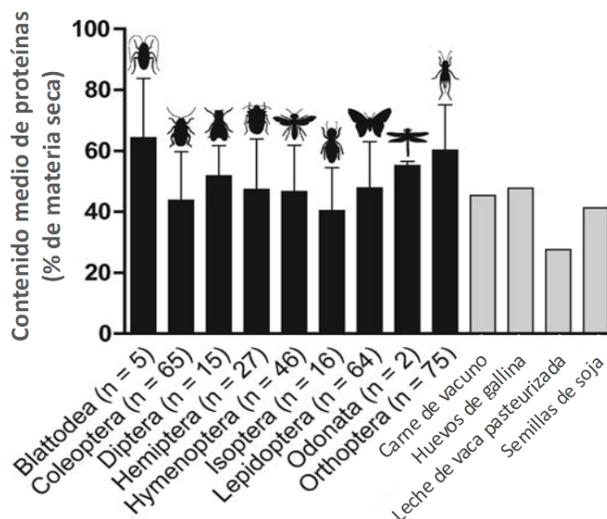


Figura 1.4: Contenido medio de proteínas en materia seca de las distintas órdenes de insectos y de alimentos de origen animal (4).

En resumen, podríamos decir que las harinas de insectos comestibles son una fuente interesante de proteínas en su adición como ingrediente en distintos productos alimentarios e incluso para mejorar la digestibilidad de estos. Por otro lado, el contenido graso de los insectos está compuesto mayoritariamente por ácidos grasos poliinsaturados como OM3 y OM6, esto unido a que los aceites

obtenidos suelen tener textura líquida a temperatura ambiente, los hace ideales para la elaboración de productos alimentarios e incluso para ser utilizados en distintas técnicas culinarias (plancha, fritura...) (36).

El uso de preparados de proteínas de insectos en dietas sin gluten es una alternativa interesante a los ingredientes convencionales debido a que la extracción de gluten de los productos panaderos deriva en una escasa retención de gases en el proceso de fermentación. Dicha problemática puede ser corregida a través de la adición de harinas, previamente desgrasadas, de insectos como las de grillo, que aportan proteínas sin gluten, junto con hidrocoloides y/o enzimas, ayudan a la esponjosidad, al retardo del endurecimiento y al aumento del valor de los productos panaderos, haciéndolos aptos para personas con enfermedad celíaca o sensibles al gluten (62).

La importancia del consumo de estos productos no es solamente por su contenido proteico ya que lo podemos conseguir de otros productos como los lácteos, sino por los beneficios adicionales que ofrecen estos animales entre los que se encuentran las altas cantidades de micronutrientes y compuestos antioxidantes (25).

1.6. Legislación

En cuanto al marco legal europeo, hasta hace unos años no existía ningún tipo de forma de comercialización de insectos aptos para el consumo humano, aunque en países como Bélgica si estuviese aprobada su comercialización debido a este pequeño vacío legal. Si no existe una normativa europea en relación a los insectos comestibles, son los Estados miembros los que tienen la capacidad de decidir aspectos que no se encuentren regulados por ella (6).

El 1 de enero de 2018 entró en vigor el Reglamento (UE) 2015/2283 relativo a los nuevos alimentos. Según el presente, se entiende como nuevo alimento a “todo alimento que no haya sido utilizado en una medida importante para el consumo humano en la Unión Europea antes del 15 de mayo de 1997, con independencia de las fechas de adhesión de los Estados miembros a la Unión y que esté comprendido por lo menos en una de las categorías”, las cuales se explican dentro

de este y se encuentran en continua actualización. El ámbito de aplicación de la normativa se centra en la regulación de la comercialización de estos alimentos en la Unión Europea y, por consiguiente, en asegurar su correcto funcionamiento junto con una seguridad alimentaria óptima basada en la protección de la salud y enfocada en los deseos de los consumidores. La seguridad será evaluada por la EFSA o por un Estado miembro (63,64).

Alimentar a la población humana de forma sostenible encontrándose en un estado continuo de crecimiento exponencial es fundamental para garantizar el bienestar del planeta. Del mismo modo, los insectos como nuevos alimentos también deberían colaborar en el proceso ecológico y en el impacto ambiental según los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales pueden ayudar a través de hojas de ruta a la formación y orientación de acciones políticas de envergadura. Pero, para ello es necesaria la colaboración de numerosas instituciones como lo son el gobierno, la industria, e incluso la población en general (65).

Aún queda camino por recorrer, pero estableciendo las pertinentes normas junto con la seguridad y la orientación adecuadas hacia las empresas que comercializan con insectos dentro de la UE, se conseguirán ingentes progresos en la salud (63).

1.6.1. Seguridad

A día de hoy, los insectos pueden ser un riesgo, en cuanto a seguridad alimentaria se refiere, a través de 4 formas; la toxicidad del propio insecto; la adquisición de sustancias nocivas o patógenos; a causa del ciclo de producción; o, simplemente, como consecuencia de una reacción alérgica a estos. Hay que tener en cuenta que en muchas partes del mundo se consumen insectos que son tóxicos para las personas. Entre ellos están la chinche, *Cimex lectularius*, que habita en el sur de África o el saltamontes variegado, *Zonocerus variegatus*, que se encuentra en África Occidental. Ya sea porque contienen toxinas en la piel como porque segregan un líquido repulsivo para los humanos, respectivamente. Por ello, es necesario establecer unas buenas prácticas de higiene y realizar un APPCC en el caso de ser productor de insectos comestibles, sobre todo en países más desarrollados con una normativa más estricta como pasa en Europa (22).

La Comisión Europea requiere de una autoridad de base científica como lo es la EFSA para evaluar la seguridad de los insectos comestibles antes de aprobar el reglamento citado anteriormente. Este organismo evaluó riesgos microbiológicos, parasitarios, medioambientales, químicos, alergias e intolerancias. Todos estos tanto en el consumidor como en los animales, ya que los consumen enteros o a través de piensos que los contienen. La evaluación se hizo en todas las etapas metamórficas de los insectos, en la cría, en la producción y en el consumo final de estos (6).

1.6.1.1 *Biológicos y microbiológicos*

La seguridad biológica y la vida útil están influidas por la carga microbiana del insecto. El *Tenebrio molitor*, por ejemplo, puede contener en el intestino infinidad de microbios, entre ellos patógenos (*Salmonella spp.* o *Listeria monocytogenes*). Para evitar su transmisión a las personas, como dice en la legislación, se procede a un periodo de ayuno en el que puedan eliminar los restos intestinales que contengan estos contaminantes. Hay que tener presente que en la cutícula de estos gusanos pueden encontrarse bacterias debido a que se alimentan y defecan en el mismo entorno (66). A su vez, hay que tener en cuenta la posible falta de saneamiento y las inadecuadas condiciones en las que estos se crían, recolectan, transportan, almacenan... Siendo mayores en países con falta de recursos y medidas sanitarias deficientes (38).

En insectos que no se encuentren procesados puede aparecer *Campylobacter*, *E.coli* o *Salmonella*. Esto dependerá de las condiciones de producción, pero no difieren de cualquier otro alimento consumido. Las distintas técnicas culinarias disminuirían el riesgo de patogenicidad y aparición de los microorganismos (6). El calentamiento o escaldado de los animales reduce significativamente la carga bacteriana total y el recuento de enterobacterias (67).

1.6.1.2 *Virus*

Existen numerosos y diversos virus que pueden afectar a los insectos, pero nos centraremos en aquellos que afecten a los permitidos por la UE.

El gusano de la harina puede estar infectado tanto por parásitos y hongos entomopatógenos como por virus que reducen la supervivencia o el éxito de este. Hasta la fecha, sólo 2 géneros de virus, iridovirus y densovirus, han sido aislados o probados contra este insecto (Tabla 1.10). Pueden llegar a causar la muerte a este gusano en función de pocos días (68,69). Hay que destacar que si los gusanos de la harina se crían junto al grillo domestico, este puede transmitir a través de su superficie corporal o por desechos intestinales, densovirus (69).

Tabla 1.10: Virus encontrados en *Tenebrio molitor* (69).

Especie de coleóptero	Familia de virus	Genes de virus	Especie de virus	Características del virus	Tipo de infección	Estado del vector	Etapas en la que participa	Sintomas o mortalidad
<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Iridoviridae</i>	<i>Iridovirus</i>	IIV-6	dsDNA	E	B	larva	Si
	<i>Iridoviridae</i>	<i>Iridovirus</i>	IIV-29	dsDNA	N, E	B	larva	Si
	<i>Parvoviridae</i>	<i>Densovirus</i>	AdDNV	ssDNA	N	M	larva	No
	<i>Parvoviridae</i>	<i>Densovirus</i>	PmergDNV	ssDNA	B	Bi	larva	Si

Leyenda: virus de la bursitis infecciosa (1BDV); coronavirus del pavo (TCV); virus de la célula reina negra (BQCV); virus de la parálisis aguda israelí (IAPV); virus de la laringotraqueitis infecciosa (ILTV); virus de la enfermedad de Newcastle (NDV); virus de la viruela aviar (FWPV); reovirus aviar (AVR); virus de la leucosis aviar (ALV); virus iridiscente de los invertebrados 6 (IIV6); virus iridiscente de los invertebrados 29 (HV29); densovirus de *Acheta domesticus* (AdDNV); densovirus *Penaeus merguensis* (PmergDNV); densovirus *Zhophobas morio* (ZbDNV); ADN de cepa única (ssDNA); ADN de doble cepa (dsDNA); ARN de cepa única (ssRNA); ARN de cepa doble (dsRNA); infección natural (N); infección experimental (E); animal de bioensayo (Bi); vector mecánico (M); vector biológico (B); no determinado (nd).

En cuanto a los ortópteros, el grillo doméstico europeo, *Acheta domesticus*, es uno de los más cultivados. Los virus que afectan a esta especie de grillo han sido reportados en varios estudios. La sintomatología que estos insectos pueden presentar durante una infección vírica incluyen la pérdida de consistencia; la disminución del tamaño, del crecimiento y de la reproductividad; la desnutrición; y una menor actividad. Muchos tipos de virus pueden afectar al grillo en la actualidad, pero el principal virus que afecta a la industria de *Acheta domesticus* es el densovirus, que es capaz de diezmar las crías comerciales en días, afectando a su producción e incluso a su extinción (Tabla 1.11) (69,70).

Por otro lado, la langosta migratoria (*Locusta migratoria*) cuya fama reside en que es la principal protagonista de la devastación de amplias extensiones de cultivos, puede ser atacada por, mínimo, 4 familias de virus; Poxviridae, Baculoviridae, Iridoviridae y Reoviridae. Este animal, principalmente es susceptible a los entomopoxvirus (EPV), capaces de causar la patogenia y la muerte masiva de su

especie, siendo más afectadas aquellas langostas inmaduras o que se encuentren en las fases vitales comprendidas entre el 1-4º estadio. Sin embargo, las cantidades virales en las langostas infectadas son muy bajas, y el papel que desempeña el virus en la creación de enfermedades en ellas sigue siendo muy ambiguo (Tabla 1.11) (69).

Tabla 1.11: Virus encontrados en *Acheta domesticus* y *Locusta migratoria* (69).

Especie de coleóptero	Familia de virus	Genes de virus	Especie de virus	Características del virus	Tipo de infección	Estado del vector	Etapas en la que participa	Síntomas o mortalidad
<i>Acheta domesticus</i>	<i>Baculoviridae</i>	<i>Alphabaculovirus</i>	AcM-NPV, AaIT, AcJHE.SG, AcMNPV	dsDNA	E	M	adult	No
	<i>Dicistroviridae</i>	<i>Cripavirus</i>	BCV	ssRNA	N	M	adult	No
	<i>Dicistroviridae</i>	<i>Cripavirus</i>	CrPV	ssRNA	N	B	nd	Si
	<i>Iflaviridae</i>	<i>Iflavirus</i>	AdIV	ssRNA	N	B	adult/nymph	No
	<i>Iflaviridae</i>	<i>Iflavirus</i>	Chequa iflavirus	ssRNA	E	Bi	nd	No
	<i>Iridoviridae</i>	<i>Iridovirus</i>	CrIV	dsDNA	N, E	B	adult/nymph	Si
	<i>Iridoviridae</i>	<i>Iridovirus</i>	IIV-6	dsDNA	E	B	nymph	Si
	nd	nd	AdVVV	ssDNA	N	nd	nd	Nd
	<i>Parvoviridae</i>	nd	AdMADV	ssDNA	N	nd	nd	Nd
	<i>Parvoviridae</i>	<i>Densovirus</i>	AdDNV	ssDNA	N, E	B	adult/nymph	Si
	<i>Parvoviridae</i>	<i>Densovirus</i>	PmergDNV	ssDNA	E	Bi	nd	Si
	<i>Phenuiviridae</i>	nd	Bunya-like virus	ssRNA	E	Bi	nd	No
	<i>Solinviviridae</i>	<i>Invictavirus</i>	SINV-3	ssRNA	E	M	adult/nymph	No
<i>Nudiviridae</i>	<i>Alphanudivirus</i>	GbNV	dsDNA	N	B	adult/nymph	Si	
<i>Locusta migratoria</i>	<i>Baculoviridae</i>	<i>Alphabaculovirus</i>	SINV	dsDNA	E	B	nymph	Si
	<i>Iridoviridae</i>	<i>iridovirus</i>	CrIV	dsDNA	E	B	adult/nymph	Si
	<i>Iridoviridae</i>	<i>iridovirus</i>	IIV-6	dsDNA	E	B	nymph	Si
	<i>Poxviridae</i>	<i>Betaentomopoxvirus</i>	MsePV	dsDNA	E	B	nymph	Si
	<i>Poxviridae</i>	<i>Betaentomopoxvirus</i>		dsDNA	N	B	nd	Si
	<i>Reoviridae</i>	<i>Cypovirus</i>	CPV	dsDNA	E	B	adult/nymph	Si

Leyenda: *Autographa californica* multiple nucleopolyhedrovirus (AcMNPV) y dos cepas recombinantes (AcMNPV.AaIT y AcJHE.SGAcMNPV); *Solenopsis invida* virus 3 (SINV-3); virus de grillo de cebo (BCV); virus de parálisis en grillos (CrPV); *Acheta domesticus* ifbvirus (AdIV); iridovirus de grillo (CrIV); virus de la iridiscencia de los invertebrados 6 (IIV6); volvíovirus de *Acheta domesticus* (AdVVV); virus del mini ambidenso* de *Acheta domesticus* (AdMADV); *Acheta domesticus* densovirus (AddNV); *Penaeus merguensis* densovirus (PmergDNV); *Gryllus bimaculatus* virus de la iridiscencia (GbIV); iridovirus del lagarto-grillo (Liz_Cr IV); iridovirus del camaleón (Cham_IIV); nudivirus de *Gryllus bimaculatus* (GbNV); nucleopoliedrovirus de *Spodoptera littoralis* (SINV); entomopoxvirus de *Melanoplus sanguinipes* (MsePV); poliedrovirus citoplasmático (CPV); virus de la matriz cristalina (CAV); ADN de una cepa (ssDNA); ADN de doble cepa (dsDNA); ARN de una cepa (ssRNA); ARN de doble cepa (dsRNA); infección natural (N); infección experimental (E); animal de bioensayo (Bi); vector mecánico (M); vector biológico (B); no determinado (nd).

En resumen, para conseguir que los insectos sean fuentes seguras de nutrientes para las personas y los animales, es necesario seguir investigando acerca del impacto de los virus en ellos y su transmisión y posterior patogenicidad hacia los humanos (69).

1.6.1.3 Parásitos y priones

Conocemos como parásitos al conjunto de organismos que habitan en el interior o en la superficie de un huésped alimentándose a su costa. En seres humanos, pueden provocar enfermedades denominadas parasitarias, 3 tipos de estos:

helminthos, protozoos y ectoparásitos (71).

Los insectos actúan como vectores mecánicos (transportan parásitos que no se alimentan a su costa) u obligatorios (los transportan y deben de desarrollarse antes de ser transmitidos) de estos organismos, ingresando a través de su ingestión en el cuerpo humano llegando a la circulación sanguínea dañando órganos y tejidos (71)

El cestodo *Hymenolepis diminuta*, conocido comúnmente como la tenia de la rata, puede ser transmitido por la especie *Tenebrio molitor* que se utiliza para la producción de alimentos y piensos. Los gusanos de la harina infectados si son consumidos, aparte de reducir su reproducción, pueden provocar enteritis, anorexia e irritación intestinal. En artrópodos encontramos también que existen otros parásitos como *Gregarina garnham* (72).

Los priones, son agentes infecciosos conocidos como proteínas mal plegadas que transmiten su forma a otras variedades de las mismas produciendo enfermedades priónicas que provocan problemas neurodegenerativos (encefalopatías espongiiformes transmisibles) (73). Esto afecta tanto a los humanos como al ganado (74). Aún no se han descrito en los insectos, pero su captación es posible cuando la alimentación de estos invertebrados es de origen animal, por ejemplo, a través de piensos derivados (75, 76).

1.6.1.4 Químicos

Cabe la posibilidad de que exista algún peligro químico en los insectos, pero actualmente son desconocidos por lo que se necesita más investigación al respecto (76).

1.6.1.5 Alérgenos

Las alergias alimentarias son respuestas inmunológicas producidas por la ingestión de una o varias proteínas alimentarias (77). Aunque existen pocos estudios, los insectos pueden contener alérgenos que son compartidos con crustáceos, moluscos y ácaros. La reactividad cruzada entre crustáceo e insecto se produce como consecuencia de pertenecer a la misma familia, artrópodos, compartiendo la enzima arginina quinasa. Un ejemplo de esta lo encontramos en el langostino

(*Penaeus vannamei*) y el grillo de campo (*Gryllus campestris*). En el caso de los ácaros, la alergia se asocia a proteínas que comparten con el gusano de la harina amarillo (*Tenebrio molitor*). Las sustancias alérgicas deben aparecer en el etiquetado bien especificadas. En ocasiones, a través de técnicas culinarias, cabe la posibilidad de disminuir o erradicar estas alergias, aunque lo más aconsejable sería que las personas alérgicas a alguno de los componentes de estos animales no los ingiriesen (78).

1.6.1.6 Antibióticos

Es verdad, que para conseguir una cría masiva y satisfacer las necesidades de la población, es necesario un crecimiento exponencial de las distintas especies de insectos para obtener su máximo rendimiento. Esto afectaría, por tanto, a su sistema inmunológico y, por consiguiente, a su estado de salud. Para promover el crecimiento y la profilaxis de los insectos, se utilizan los antibióticos (78). Los antibióticos son medicamentos que, actualmente, tienen como consecuencia un aumento en la prevalencia de bacterias resistentes que ponen en riesgo la salud humana (79). Es cierto que la UE ha restringido el uso de este tipo de sustancias debido a que los prejuicios superan a los beneficios. Su uso terapéutico hace que aumente la propagación de los microbios mencionados en todo tipo de seres vivos en los que son utilizados (80).

La microbiota de algunos insectos es susceptible a los antibióticos viéndose alterada su flora, la cual es imprescindible para realizar la digestión y posterior desintoxicación de sustancias peligrosas para ellos y para aquellos que los consuman (81, 82).

1.6.1.7 Medioambiente

Sobre todo hace referencia a la gestión de residuos que se generan en la producción de insectos cuyo fin desemboca en la disminución del riesgo de contaminación de estos. Además de indagar sobre los recursos durante su cría (22).

Debido a todos estos riesgos para la salud, los insectos aptos para el consumo humano deben de estar libres de suciedad, de patógenos y de toxinas que puedan

afectar a la salud. Su producción, almacenamiento y transporte debe realizarse en condiciones controladas a través de buenas prácticas de higiene y debe aportar la etiqueta correspondiente (nombre científico, composición nutricional, alérgenos, fecha de caducidad, entre otros) (22).

Cuando los insectos se crían masivamente es probable el acúmulo de sustancias peligrosas como contaminantes, metales pesados y micotoxinas acogidos en la legislación vigente. Sin embargo, los límites legales afirman que los niveles encontrados en los insectos comerciales eran iguales e incluso inferiores que los criados en libertad o los encontrados en la carne de res (79). Si es cierto que los residuos utilizados como sustrato en estos invertebrados pueden ayudar al acúmulo de plaguicidas en estos animales (83). El gusano de la harina, por ejemplo, puede contener niveles altos de arsénico (excretado fácilmente cuando la dieta se sustituye por una que carezca de contaminantes), niveles medios de cadmio y niveles bajos de plomo (84).

Está claro que la calidad del alimento proporcionado a los insectos es imprescindible si para su crecimiento se utilizan corrientes industriales secundarias, evitando el acúmulo de sustancias tóxicas y primando la inanición de estos animales para fomentar su desintoxicación intestinal horas previas a su recolección (76).

1.7. Actitud del consumidor

Las personas nos desarrollamos en ambientes, en zonas geográficas, en culturas, que conforman nuestras preferencias y gustos a la hora de elegir sustentos. Nuestra infancia, marca placeres únicos en la alimentación que nos proporcionan seguridad y estabilidad, más que calidad nutricional (1).

En el mundo existen infinidad de patrones alimentarios; en Asia la cocina oriental; en Europa la cocina francesa; en España la dieta mediterránea... El avance tecnológico nos permite alcanzar y diversificar nuestra alimentación de tal manera que adoptamos nuevas experiencias y sabores a nuestros paladares (1).

La población que a parte de su dieta habitual es insectívora, es decir, se alimenta de insectos, es cada vez más abundante de lo que muchos se piensan (Figura 1.5).

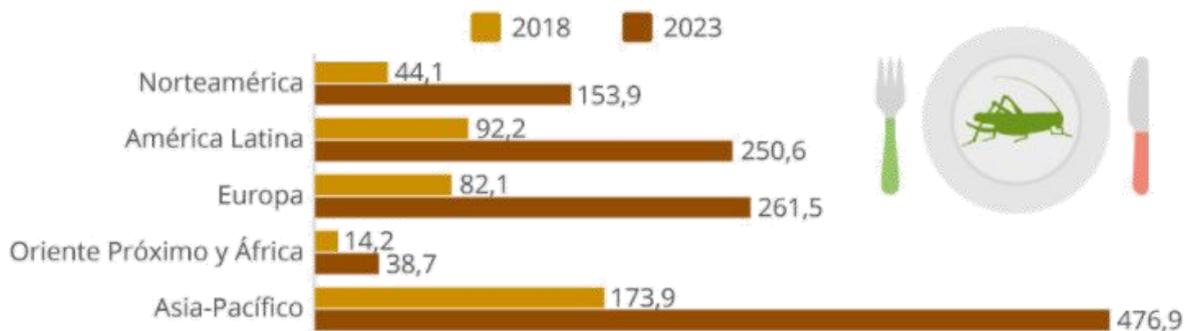


Figura 1.5: Volumen de mercado de los insectos comestibles (82).

La aceptación de la entomofagia está influenciada, entre muchas cosas, por el precio, el sabor, la disponibilidad... (85).

Hay que ser conscientes que de forma directa o indirecta los seres humanos practicamos la entomofagia dentro de la cadena alimentaria, a través del consumo de aves, ganado o peces que se alimentan a base de insectos (76). Existen algunos cuestionarios para determinar la aceptación de los distintos consumidores hacia estos invertebrados como lo son la escala de neofobia alimentaria y la escala de fobia a los insectos (Tabla 1.12) (86).

Tabla 1.12: Escala de Neofobia Alimentaria (FNS) y Escala de Fobia a los Insectos (IPS) (84).

Número	Declaración
1	Constantemente estoy probando alimentos nuevos y diferentes.
2	No confío en los nuevos alimentos.
3	Si no sé qué es un alimento, no lo pruebo.
4	Me gustan las comidas de diferentes culturas.
5	La comida étnica parece demasiado rara para comer.
6	En las cenas, probaré alimentos nuevos.
7	Tengo miedo de comer cosas que nunca antes había comido.
8	Soy muy particular acerca de los alimentos que como.
9	Comeré casi cualquier cosa.
10	Me gusta probar nuevos restaurantes étnicos.

Número	Declaración
1	La idea de comer insectos me produce repugnancia/repulsión.
2	El consumo de insectos no es socialmente aceptable.
3	Me temo que los alimentos a base de insectos tienen un sabor desagradable.
4	Me temo que los alimentos a base de insectos tienen una consistencia desagradable.
5	Creo que los alimentos a base de insectos tienen mala higiene.
6	Creo que comer insectos no es adecuado para nuestra dieta.

A su vez, cabe destacar la existencia de aversiones hacia estos productos alimentarios por cuestiones meramente culturales, de facto, el consumo de la langosta de mar (*Palinurus elephas*) se considera una delicia en occidente a pesar de encontrarse dentro del filo artrópodos junto a los insectos, arácnidos y miriápodos (87).

Para aumentar su aceptación, los insectos se están usando como ingredientes de muchas preparaciones como en panes, hamburguesas y tortillas (85). Otras estrategias para abordar en los consumidores incluyen: la provisión de más información sobre los beneficios del consumo de insectos (88,89), banquetes de insectos donde se ofrece su degustación, la utilización de modelos de conducta como chefs importantes (90,91) o la promoción de sus beneficios medioambientales (22).

Gracias a una legislación consolidada y a la autorización de ciertas especies de insectos comestibles por la EFSA, nos encontraríamos cada vez más cerca de una aceptación positiva por parte del consumidor hacia estos sustentos (63).

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El actual Trabajo de Fin de Grado (TFG), es una revisión bibliográfica en la que se han examinado diferentes documentos que cuentan con una base científica consolidada para tratar de vislumbrar la necesidad de introducir la entomofagia en el patrón dietético habitual de la población europea como forma de obtención de sustanciales beneficios en la salud humana.

Para llevar a cabo la búsqueda bibliográfica, se han analizado diversos estudios, los cuales estaban enfocados, principalmente, en los insectos como nuevo alimento a incorporar para enriquecer la dieta occidental que cuenten con una seguridad avalada para su consumo en humanos y que estén permitidos legalmente en Europa. Se incluyeron estudios clínicos, artículos de revisión, libros online, guías, diccionarios... Entre muchas otras fuentes científicas. También se ha incluido literatura gris como tesis, proyectos, trabajos de fin de máster, entre otros (Figura 2.1). Dicha búsqueda comenzó en noviembre del 2021 y finalizó en abril del 2022.

Acto seguido, se explica más minuciosamente como se ha realizado esta búsqueda de bibliografía en las siguientes bases de datos de libre acceso:

1. Cochrane. En esta base de datos, se utilizaron distintas palabras clave:

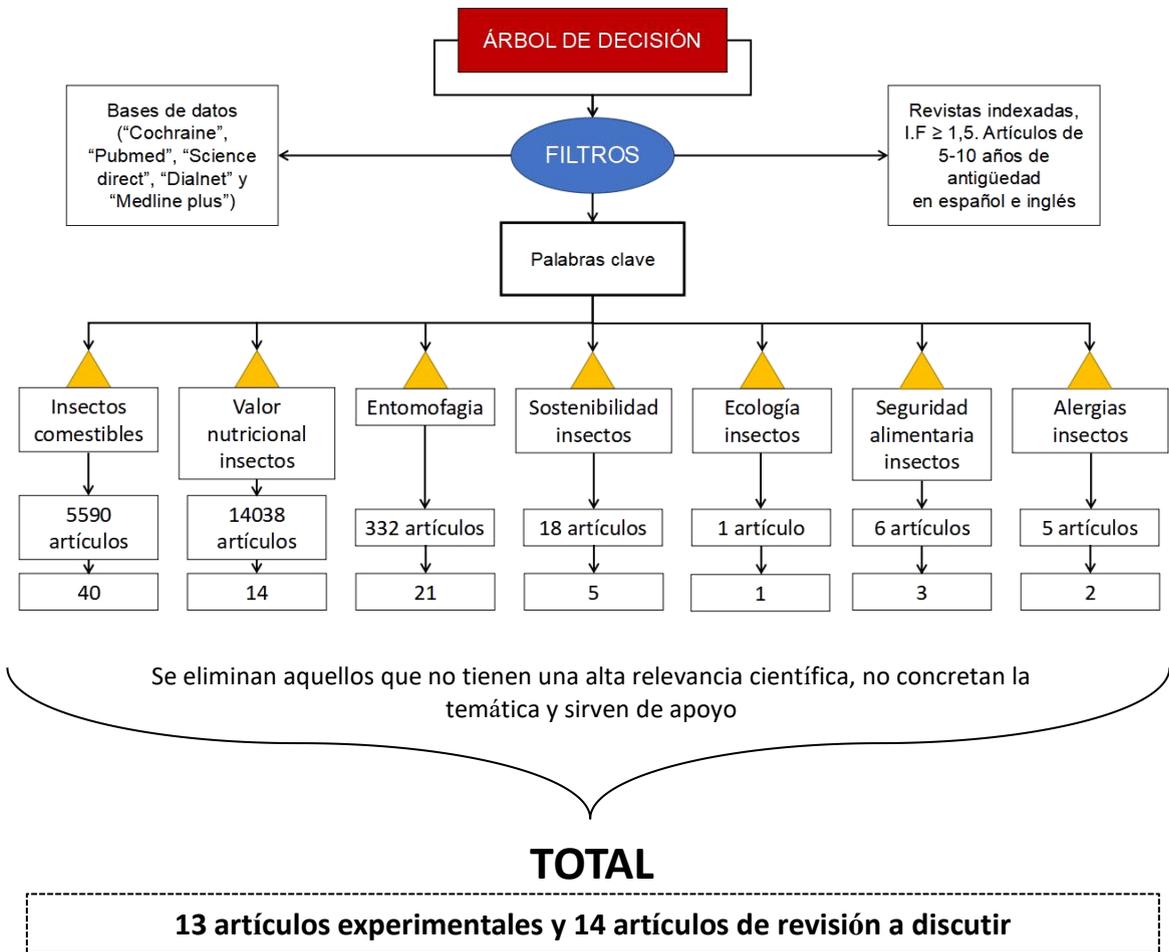
- △ *Insectos comestibles.* Con esta búsqueda se encontraron un total de 11 ensayos relacionados que resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
- △ *Ecología insectos comestibles.* Con esta búsqueda se obtuvo un resultado que resultó de utilidad para la revisión bibliográfica.
- △ *Seguridad alimentaria insectos.* Con esta búsqueda se obtuvo un total de 6 resultados de los cuales resultaron de utilidad 3 de ellos.

2. Pubmed. En esta base de datos, se utilizaron distintas palabras clave:

- △ *Entomofagia.* Con esta búsqueda se encontraron un total de 3 artículos relacionados que resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
- △ *Insectos comestibles.* Con esta búsqueda se encontraron un total de 4 artículos relacionados que resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.

- △ *Sostenibilidad insectos*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 18 artículos relacionados de los cuales 5 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
 - △ *Proteínas insectos*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 14 artículos relacionados de los cuales 4 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
 - △ *Lípidos insectos*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 3 artículos relacionados de los cuales 1 resultó de utilidad para la revisión bibliográfica.
 - △ *Alergias insectos*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 5 artículos relacionados de los cuales 2 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
- 3. Science direct.** En esta base de datos, se utilizaron distintas palabras clave:
- △ *Insectos comestibles*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 5537 artículos relacionados de los cuales 22 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
 - △ *Valor nutricional insectos*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 14038 artículos relacionados de los cuales 14 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
 - △ *Entomofagia*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 309 artículos relacionados de los cuales 12 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
- 4. Dialnet.** En esta base de datos, se utilizaron distintas palabras clave:
- △ *Entomofagia*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 20 artículos relacionados de los cuales 6 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
 - △ *Insectos comestibles*. Con esta búsqueda se encontraron un total de 38 artículos relacionados de los cuales 3 resultaron de utilidad para la revisión bibliográfica.
- 5. Medline plus.** Se consultaron las bases de datos de Medline a través de las siguientes palabras: “*Antibióticos*”. “*Antinutrientes*”. “*Enfermedades parasitarias*”.

Figura 2.1: Diagrama de la búsqueda bibliográfica efectuada y la selección de artículos para el apartado de discusión. Elaboración propia.



CAPÍTULO 3. DISCUSIÓN

A partir de la búsqueda bibliográfica detallada en el capítulo anterior, se seleccionan los 13 artículos de estudios experimentales los cuales se dividen según el modelo de estudio empleado (Figura 3.1). En la tabla 3.1 se desglosará cada estudio con sus correspondientes características y conclusiones obtenidas. A parte, se escogen los 14 artículos de revisión debido a su relevancia científica, los cuales se encuentran explicados posteriormente en la Tabla 3.2.

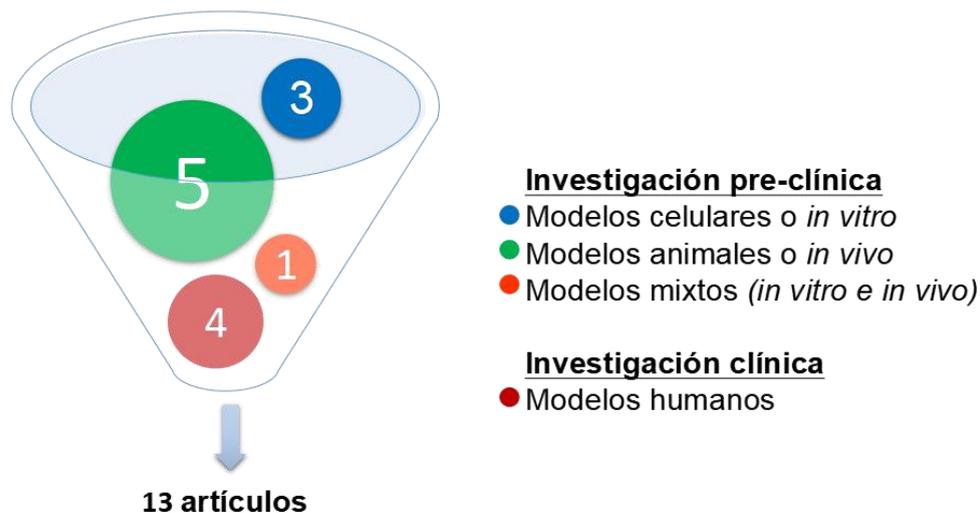


Figura 3.1: Clasificación de los distintos estudios experimentales según el modelo de estudio empleado (25, 27, 39, 44, 47, 51, 55, 57, 58, 60, 62, 87, 89). Elaboración propia.

En cuanto al consumo de insectos y su valor nutricional, 6 artículos de revisión (14, 22, 24, 26, 30, 32) incorporados en el trabajo plantean los insectos comestibles como parte interesante a adoptar en la cadena trófica de los seres humanos debido a su alto valor nutricional. También se han incluido 3 artículos experimentales que versan sobre esta temática. En base al modelo experimental utilizado, podemos dividir estos estudios en: 1 estudio clínico (humanos) (25) y 2 estudios experimentales en animales o *in vivo* (insectos) (27, 62).

En relación con el consumo y el valor nutricional de los insectos, Orkusz A (14) y Payne CLR et al (32) afirman que estos poseen un alto valor nutricional al igual que los productos cárnicos ya que son ricos en macro y micronutrientes algunos de ellos esenciales, aunque del contenido vitamínico hay pocos datos disponibles. Las

formas adultas de insectos son las que más contenido proteico contienen, seguidos de las larvas. Por otro lado, las hembras son las que poseen más contenido lipídico que los machos según Van Luis A (22). Es cierto que la composición nutricional estos animales destaca por contener Om3/Om6, hierro, zinc y proteínas de alto valor biológico que aportan beneficios significativos a la salud, pudiendo paliar la desnutrición en países con carencias nutricionales, en conflictos bélicos, en sequías, etc, o ser utilizados como un aporte extra para mejorar el estado salutífero de las personas (24,26). Hermans WJH et al (25) realizaron un estudio en humanos en el que se demostró que derivados proteicos del gusano de la harina poseen, después de ser ingeridos, igual capacidad de liberación de aminoácidos en sangre, tasa de síntesis proteica y digestibilidad que aquellas derivadas de productos lácteos. De facto, Botella-Martínez C et al (62) realizaron un estudio en el que vieron como las harinas desgrasadas provenientes de los insectos comestibles podrían tener varias aplicaciones como ingredientes para el desarrollo de nuevos alimentos y capacidades anabólicas junto con el aumento de la disponibilidad posprandial de los aminoácidos en sangre. Hoy en día, el principal inconveniente es que son productos con precios muy elevados debido a su escasa producción (25, 62). Por otro lado, Adámková A et al (27) analizaron otros nutrientes como lo son la grasa y la quitina tanto en el grillo domestico como en el gusano de la harina común y el gusano de la harina gigante, concluyendo que el grillo poseía más cantidad de quitina que los gusanos y estos últimos más grasa, siendo esta más alta en el gusano de la harina gigante (35%) que en el común (31%).

Hay que tener en cuenta que el valor nutricional en los insectos es muy variable, dependiendo de múltiples factores como lo son la especie, la genética, el medioambiente, etc. Cabe destacar que algunos insectos presentan a su vez propiedades funcionales conferidas por numerosas sustancias bioactivas que los hace interesantes como complemento en el patrón dietético habitual de las personas (30).

Haciendo referencia a estas sustancias como la quitina, la trehalosa, los péptidos antimicrobianos y los compuestos antioxidantes, entre otros, 7 artículos experimentales tratan principalmente sobre los beneficios en la salud humana de

estas. En base al modelo experimental utilizado, podemos dividir estos estudios en: 1 estudio clínico (humanos) (47), 2 estudios experimentales en animales o *in vivo* (insectos) (39, 55), 1 estudio experimental mixto (*in vivo e in vitro*) (60) y 3 estudios *in vitro* (44, 57, 58). También se han incluido 6 artículos de revisión relevantes (41, 43, 46, 49, 50, 51, 61).

Diversas investigaciones relacionan a la quitina con un efecto reductor de masa grasa en pollos de engorde debido a su actuación como fibra dietética, de hecho Lokman IH et al (39) revelaron que la quitina del grillo a 0,5 g/kg mejoró significativamente el rendimiento del crecimiento y las características de los órganos, y redujo la acumulación de grasa en los pollos de engorde con respecto a una dieta basal. Aunque son resultados prometedores y esperanzadores, aún quedan muchos estudios clínicos que relacionen estos efectos en las personas. Por otro lado, el quitosano obtenido del polvo de grillo según Tripathi K et al (41) mejora la composición de la microbiota entre muchos otros efectos interesantes explicados anteriormente como antihipertensivos e hipocolesterolemiantes, sin embargo, Betchem G et al (43) y Di Mattia C et al (44) afirman que debido a su difícil digestión se utilizan como ingredientes en productos farmacéuticos, cultivos celulares, ingeniería, etc, más que como ingrediente alimenticio. En cuanto a otro hidrato de carbono como lo es la trehalosa, Ahmed A et al (46) han observado, a parte de su participación en la osmoregulación del riñón, que su consumo como edulcorante artificial ofrece la capacidad de controlar la glucemia en sangre, disminuyendo la prevalencia de obesidad y diabetes tipo II. Aunque Yoshizane C et al (47) afirman que es necesario realizar estudios en pacientes prediabéticos y diabéticos tipo 2 para confirmarlo, ya que hasta la fecha se ha realizado únicamente en animales y en sujetos sanos.

Otros compuestos bioactivos a resaltar son los péptidos antimicrobianos y los compuestos antioxidantes. En cuanto a los péptidos, Jantzen da Silva Lucas et al (49) han demostrado que tienen efecto sobre todo en la reducción de los niveles de *Listeria monocytogenes* y *E. coli*. Es cierto que todavía quedan muchas especies de insectos por investigar que nos puedan ofrecer más conocimientos acerca de estos y de su utilización como sustitutos a los antibióticos como concluyen Tonk M

et al (50). Sin embargo, su uso necesita aún mucha investigación debido a la inactividad de los aminoácidos de las proteínas originales, al grado de hidrólisis, a su estructura y a su composición. A su vez, es imprescindible profundizar en sus posibles efectos secundarios como la inmunogenicidad, la citotoxicidad o las alergias relacionadas con estos (51). Cabe destacar que los péptidos tienen otras propiedades como su alta capacidad emulsionante o espumante que los hace ideales para su uso como ingrediente alimentario, confiriendo a los productos alto valor nutricional y mejores características organolépticas (55).

Los compuestos antioxidantes de los extractos de los insectos comestibles *Acheta domesticus* y *Tenebrio molitor*, en relación a su capacidad antioxidante y a sus posibles efectos en la inhibición de la lipasa pancreática según Navarro Del Hierro J et al (57), ambos mostraron capacidad antioxidante, pero en el caso de la inhibición de la lipasa pancreática los de *Tenebrio molitor* son los más efectivos. Estos efectos también se han evaluado con el *Tenebrio molitor* y *Hermetia illucens* en los que se detalla la importancia del disolvente utilizado, destacando el etanol como el más eficaz (58). Hay que apuntar, que solo se ha evaluado en extractos desgrasados, por lo que no se sabe con certeza si la grasa puede interferir en estos resultados. También hay que tener en cuenta que dependiendo del insecto la complejidad es muy amplia por lo que son necesarios más estudios que avalen tal bioactividad, a parte de la necesidad de evidencia para comprender si la práctica de comer insectos e invertebrados podría contribuir a modular el estrés oxidativo en humanos y la identificación de sus ingredientes bioactivos (57, 58).

En relación con otros beneficios que pueden aportarnos los insectos, Seo M et al (60) han demostrado que el polvo de larva de *Tenebrio molitor* influye en la adipogénesis y en el síndrome metabólico atenuando, en ratones obesos cuya dieta es alta en grasas, el aumento de peso corporal. Esto nos lleva a afirmar su potencial como agente terapéutico en el tratamiento de la obesidad en humanos. A su vez, Cito A et al (61) apuestan por el efecto inhibitorio de la ECA de los péptidos bioactivos procedentes de hidrolizados proteicos de las diferentes ordenes de insectos para el tratamiento de la hipertensión. Estos resultados sugieren el potencial de los hidrolizados con infinidad de beneficios para el tratamiento de

distintas patologías, aunque falte investigación con respecto a sus efectos en humanos.

En cuanto a la actitud del consumidor frente a la entomofagia, 2 revisiones (86, 88) y 2 ensayos clínicos en humanos (87, 89) muestran como uno de los principales impedimentos, si no es el mayor, para aumentar el consumo de insectos a gran escala es el fuerte rechazo o reticencia hacia ellos como alimento. Numerosos estudios han intentado averiguar cómo conseguir una mayor aceptación por parte de la población en la práctica entomofágica, más allá de demostrar sus potenciales beneficios para la salud.

En la revisión realizada por House J (86) en Países bajos, se evaluó de manera crítica la aceptación de los comensales de alimentos precocinados a base de insectos, concluyendo que la atención no debería de estar basada en su aceptación sino en la evaluación de factores sociales, prácticos y contextuales que la determinan. En el caso de Italia, Moruzzo R et al (87) realizaron un estudio a través de 420 cuestionarios introduciendo una escala experimental específica de insectos y una referente a la neofobia, cuyos resultados no fueron concluyentes debido a la falta de escalas específicas para determinar la "fobia a los insectos". Por otro lado, Toti et al (88) demostraron que la dieta italiana todavía está claramente influenciada por la tradición local y hace falta aumentar su motivación psicológica. En cambio, una proporción considerable de estadounidenses (72%) e indios (74%) estaban al menos dispuestos a considerar la posibilidad de comer algún tipo de alimento a base de insectos, sobre todo por parte de los hombres, aunque el asco parece ser la reacción más común de ambos grupos ante la perspectiva de comer insectos, según apuntan Ruby MB et al (89).

En base a esto se puede confirmar que en América, África y Asia el consumo de insectos es más habitual y se encuentra mayormente aceptado, al contrario que dentro de las costumbres Europeas donde la entomofagia se asocia a situaciones de emergencia, a poco prestigio, a comida para animales o a bajos recursos. No es asco, es falta de costumbre y de sensibilización (86-89). Es necesario llevar a cabo más investigaciones para evaluar el efecto de las variaciones culturales existentes

entre la población de los distintos países, sobre todo europeos, acerca de la neofobia alimentaria y la aceptación de los insectos. Esto se debe a que el éxito potencial de una estrategia en un país puede no ser adecuado para otro.

Tabla 3.1: Características y conclusiones de los 13 artículos de estudios experimentales seleccionados en los que se detallan los efectos del consumo de insectos sobre la salud humana (25, 27, 39, 44, 47, 51, 55, 57, 58, 60, 62, 87, 89). Elaboración propia.

AUTORES	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	GRUPOS DE ESTUDIO	CONCLUSIÓN
Hermans WJH, Senden JM, Churchward-Venne TA, Paulussen KJM, Fuchs CJ, Smeets JSJ, et al (25)	Ensayo clínico aleatorio controlado con doble ciego	24 hombres jóvenes sanos [media \pm SD de edad: 23 ± 3 años; IMC (en kg/m ²): $23,1 \pm 2,7$]	G.C: Ingestión de 30g de aminoácidos del gusano de la harina. En reposo G.I: 30g de aminoácidos del gusano de la harina. Realizando Act. física	Rápida digestión de proteínas y absorción de aminoácidos aumentando la tasa de síntesis de proteínas musculares tanto en reposo como durante la recuperación del ejercicio
Adámková A, Miček J, Kouřimská L, Borkovcová M, Bušina T, Adámek M, et al (27)	Estudio descriptivo <i>in vivo</i>	*Larvas de <i>Zophobas morio</i> , larvas de <i>Tenebrio molitor</i> y ninfas de <i>Gryllus assimilis</i> . Todos provenientes de Sumatra	G. Intervención	Los insectos comestibles en Sumatra pueden ser una solución estratégica para los problemas de hambre y subsiguiente desnutrición, debido a su alto valor nutricional
Lokman IH, Ibitoye EB, Hezme MNM, Goh YM, Zuki ABZ, Jimoh AA (39)	Estudio experimental <i>in vivo</i>	150 pollos de engorde	G.1 o control: dieta basal G.2 y 3: dieta basal + 0,5 g/kg quitina (2) y quitosano (3) de grillo G.4 y 5: dieta basal + 0,5 g/kg quitina (4) y quitosano (5) de camarón	Este estudio reveló que la quitina del grillo a 0,5 g/kg mejoró significativamente el rendimiento del crecimiento, la calidad de la canal y las características de los órganos de los pollos de engorde más que el quitosano
Di Mattia C, Battista N, Sacchetti G, Serafini M (44)	Estudio analítico experimental <i>in vitro</i>	12 insectos comestibles comercialmente y 2 invertebrados	G. Intervención	Los insectos e invertebrados comestibles representan una fuente potencial de ingredientes redox inexplorados con bajo impacto ecológico, con una eficiencia antioxidante relacionada con su taxonomía y hábitos alimentarios
Yoshizane, C., Mizote, A., Arai, C. et al (47)	Ensayo clínico aleatorio controlado	50 japoneses sanos	G.1: n=25, consumieron 3,3 g de trehalosa G.2: n=25, consumieron 3,3 g de sacarosa	La trehalosa ayuda a disminuir la glucosa en sangre posprandial en humanos sanos con niveles de glucosa posprandial más altos dentro del rango normal. Contribuye a prevención de patologías relacionadas

BENEFICIOS DEL CONSUMO DE INSECTOS COMO FUENTE DE ALIMENTO EN LA SALUD HUMANA.
ALBERTO GUTIÉRREZ URCOLA

Da Rocha M, Alemán A, Baccan G.C, López-Caballero M.E, Gómez-Guillén C, Montero P & Prentice C (51)	Estudio experimental <i>in vivo e in vitro</i>	*Larvas <i>Tenebrio molitor</i>	G. Intervención	El extracto de larvas de <i>T. molitor</i> tiene un efecto antiobesidad cuando se administra como complemento alimenticio y tiene potencial como agente terapéutico para la obesidad
Hall FG, Jones OG, O'Haire ME, Liceaga AM (55)	Estudio analítico experimental <i>in vivo</i>	* <i>Gryllos sigillatus</i>	G.1: Hidrolizados con alcalasa 0,5%, 30 min G.2: Hidrolizados con alcalasa 1,5%, 60 min G.3: Hidrolizados con alcalasa 3%, 90 min	Debido a su capacidad espumante y emulsionante estos insectos tienen potencial para desarrollar hidrolizados de proteína de grillo como fuente alternativa funcional en formulaciones de ingredientes alimentarios
Navarro Del Hierro J, Gutiérrez-Docio A, Otero P, Reglero G, Martín D (57)	Estudio analítico experimental <i>in vitro</i>	* <i>Acheta domestica</i> y <i>Tenebrio molitor</i>	G.1: Extracción asistida por ultrasonido (UAE) y extracción con líquido presurizado (PLE) G.2: UAE y etanol (E) o etanol:agua (E:W)	Todos los extractos exhibieron actividad antioxidante, más efectivos los (E:W). Todos los extractos mostraron actividad inhibitoria de la lipasa, aunque los de <i>T. molitor</i> y los extraídos por PLE fueron los más efectivos.
Navarro del Hierro J, Cantero-Bahillo E, Fornari T, Martín D (58)	Estudio analítico experimental <i>in vitro</i>	*Larvas secas de <i>T. molitor</i> y <i>H. illucens</i>	G.1: Extractos desgrasados y solvente etanol G.2: Extractos desgrasados y solvente metanol	Los extractos de ambos insectos, sobre todo con el disolvente etanol, tienen potencial como antioxidantes e inhibidores de la lipasa pancreática
Seo M, Goo T-W, Chung MY, Baik M, Hwang J-S, Kim M-A, et al (60)	Estudio analítico experimental <i>in vivo e in vitro</i>	*Larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	G.C positivo: Extracto de <i>Ilex paraguariensis</i> (yerba mate). Actividad contra obesidad. G.1: Extracto de <i>T. molitor</i>	El extracto de larvas de <i>T. molitor</i> podría tener un efecto antiobesidad cuando se administra como complemento alimenticio y tiene potencial como agente terapéutico para la obesidad
Botella-Martínez C, Lucas-González R, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M (62)	Estudio analítico experimental <i>in vivo</i>	1000 grillos vivos, 1000 1000 gusanos de la harina, 1000 supergusanos y 500 picudos rojos	G.1: Harina de <i>A. domestica</i> (ADF) G.2: Harina de <i>T. molitor</i> (TMF) G.3: Harina de <i>Z. morio</i> (ZMF) G.4: Harina de <i>R. ferrugineus</i> (RFF)	Las harinas desgrasadas obtenidas de los insectos comestibles analizados podrían tener varias aplicaciones como ingredientes para el desarrollo de nuevos alimentos debido a su buen contenido de nutrientes y como alimento funcional para la prevención de la oxidación gracias a su contenido en taninos y fenoles.

BENEFICIOS DEL CONSUMO DE INSECTOS COMO FUENTE
DE ALIMENTO EN LA SALUD HUMANA.
ALBERTO GUTIÉRREZ URCOLA

Moruzzo R, Mancini S, Boncinelli F, Riccioli F (87)	Ensayo clínico	420 encuestados en Pisa (Italia)	G.1: 223 mujeres (53% del total de la muestra) G.2: 197 hombres (47% del total) No veganos ni vegetarianos	Los consumidores de los países occidentales siguen teniendo muchos prejuicios, lo que contribuye a que sea imposible (actualmente) introducir alimentos que contengan insectos en una dieta normal debido a la neofobia
Ruby MB, Rozin P, Chan C (89)	Ensayo clínico	500 individuos de USA e India	G.1: 200 participantes de USA G.2: 302 participantes de la India	Los mejores predictores de la aceptación de los insectos fueron el disgusto ante la idea de comer insectos, las creencias sobre los beneficios de comer insectos, la búsqueda de sensaciones y el placer de contarles a otros sobre el consumo de alimentos inusuales.

* Hay que señalar, que en numerosos estudios no se indican la cantidad de insectos utilizados en las muestras, lo cual genera sesgos en sus resultados.

Tabla 3.2: Características y conclusiones de los 14 artículos de revisión seleccionados en los que se detallan los efectos del consumo de insectos sobre la salud humana (14, 22, 24, 26, 30, 32, 41, 43, 46, 49, 50, 61, 86, 88). Elaboración propia.

AUTORES	AÑO	Nº DE ARTÍCULOS REVISADOS	OBJETIVO	CONCLUSIÓN
Orkusz A (14)	2021	14	Comparar el valor nutricional de los insectos comestibles y la carne	Los insectos no tienen un valor nutritivo más alto que la carne, ya que el contenido de nutrientes individuales varía significativamente tanto en la carne como en los insectos
Van Huis A (22)	2016	15	Primero se discutirá el consumo de insectos en áreas donde son alimentos tradicionales y luego los desarrollos recientes en el mundo occidental	Los insectos tienen un gran potencial en la producción de alimentos y piensos. Por lo que pueden convertirse en un nuevo sector agrícola y alimentario
Halloran A, Flore R, Vantomme P, Roos N (24)	2018	35	Descripción general de las contribuciones de los insectos comestibles a la sostenibilidad ecológica, los medios de vida, la nutrición y la salud, la cultura alimentaria y los sistemas alimentarios en todo el mundo	Los insectos tienen un alto potencial para mejorar la calidad nutricional de las dietas en poblaciones en riesgo de desnutrición, ya sea consumidos enteros como en las dietas tradicionales o como ingredientes en alimentos procesados
Magara HJO, Niassy S, Ayieko MA, Mukundamago M, Egonyu JP, Tanga CM, et al (26)	2020	48	Se espera que esta revisión promueva un mayor reconocimiento de los grillos como fuente de alimentos, piensos y otros beneficios en el mundo y fomente la ampliación mediante su cultivo para una utilización sostenible	El consumo de grillos como alimento por parte de los seres humanos se practica tradicionalmente en 49 países de todo el mundo. Son un recurso alimenticio altamente nutritivo y también podrían utilizarse como suplementos nutricionales en dietas especiales para escolares, enfermos y deportistas.
Avendaño C, Sánchez M, Valenzuela C (30)	2020	21	Analizar si los distintos tipos de productos en base a insectos son una buena opción para la alimentación humana y animal	Insectos poseen bondades nutricionales, como poseer un alto aporte proteico con aminoácidos de buena calidad, ser alimentos sustentables y, en relación a la alimentación animal, la harina de la mosca soldado negra se adiciona en dietas para peces, animales productivos y mascotas, como remplazo de otras

BENEFICIOS DEL CONSUMO DE INSECTOS COMO FUENTE
DE ALIMENTO EN LA SALUD HUMANA.
ALBERTO GUTIÉRREZ URCOLA

Payne CLR, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K (32)	2016	43	Probar la hipótesis de que los insectos son nutricionalmente preferibles a la carne, utilizando dos herramientas de evaluación que están diseñadas para combatir la sobrealimentación y la desnutrición	La composición nutricional de los insectos es muy diversa en comparación con las carnes de consumo habitual, pero estos si que pueden ser eficaces para combatir la desnutrición
Tripathi K y Singh A (41)	2018	16	Demostrar las diversas actividades farmacológicas del quitosano	El quitosano tiene muchas propiedades medicinales y puede desempeñar un papel importante en el campo farmacéutico como anticanceroso, antiviral, antihipertensivo, hipolipidémico, antimicrobiano, etc
Betchem G, Johnson N a. N, Yun W (43)	2019	25	Proporcionar los diferentes estudios que se han realizado para controlar las enfermedades posteriores a la cosecha y para obtener una comprensión completa de cómo funciona el quitosano	Se ha demostrado que el quitosano tiene varios efectos en plantas, bacterias, virus y hongos, a través de diferentes métodos de acción
Ahmed A, Khan TA, Dan Ramdath D, Kendall CWC, Sievenpiper JL (46)	2022	30	Realizar una revisión sistemática y una síntesis de estudios de intervención controlados de azúcares raros en humanos, utilizando las pautas PRISMA	Los azúcares raros o poco comunes podrían ofrecer una oportunidad de comercialización como edulcorante alternativo, especialmente para aquellos que tienen un alto riesgo cardiometabólico
Jantzen da Silva Lucas A, Menegon de Oliveira L, da Rocha M, Prentice C (49)	2020	24	Describe y compara la composición nutricional, la funcionalidad y los compuestos bioactivos presentes en diferentes insectos	Ciertos insectos comestibles representan buenas fuentes potenciales de proteínas, aminoácidos y lípidos, entre otras moléculas. Estos insectos tienen un perfil nutricional equilibrado y requerimientos de aminoácidos para el ser humano
Tonk M, Vilcinskis A (50)	2017	15	Se discuten los obstáculos actuales que dificultan el desarrollo terapéutico de nuevos AMP derivados de insectos, incluidos los posibles efectos secundarios y los altos costos de producción a gran escala	Los AMP de insectos ofrecen una alternativa prometedora para el tratamiento de infecciones de la piel, los ojos y los pulmones, y también podrían restaurar la susceptibilidad de los patógenos multirresistentes a los antibióticos en tratamientos combinados

BENEFICIOS DEL CONSUMO DE INSECTOS COMO FUENTE
DE ALIMENTO EN LA SALUD HUMANA.
ALBERTO GUTIÉRREZ URCOLA

Cito A, Botta M, Francardi V, Dreassi E (61)	2017	10	Resumen de los datos sobre th el gusano de la hoja del algodón <i>Spodoptera littoralis</i> (Lepidoptera: Noctuidae) y también de la hormiga tejedora <i>Oecophylla smaragdina</i> (Hymenoptera: Formicidae)	Pocos estudios se han centrado en los aspectos funcionales de los insectos comestibles, como la posibilidad de obtener péptidos bioactivos útiles para el tratamiento de la hipertensión
House J (86)	2016	33	Describe el trabajo empírico, informado teórica y metodológicamente de forma crítica con consumidores de alimentos preparados a base de insectos en los Países Bajos	La facilidad de integración con las prácticas alimentarias establecidas, el sabor, el precio y la disponibilidad, probablemente sean razones clave para que los consumidores occidentales incorporen insectos en sus dietas
Toti E, Massaro L, Kais A, Aiello P, Palmery M, Peluso I (88)	2020	29	Proporcionar una visión general de los principales temas relacionados con la entomofagia en Italia	Para introducir insectos en la dieta italiana, se debe mejorar la motivación psicológica

CAPITULO 4. CONCLUSIONES

En este TFG basado en la evidencia científica actual, se han determinado los numerosos beneficios que el consumo de insectos aporta a la salud humana, desde el alto valor nutricional hasta la bioactividad de algunos de sus componentes.

Los insectos contienen proteínas de alto valor biológico y péptidos bioactivos los cuales son un complemento clave al patrón dietético habitual de la población, enriqueciendo su dieta y proporcionando efectos anabolizantes, antimicrobianos, entre otros. Algunos extractos extraídos de algunos insectos como de *Acheta domesticus* y *Tenebrio molitor*, poseen actividad antioxidante como lo son los hidrolizados proteicos. Además el gusano de la harina tiene posibles efectos en la inhibición de la lipasa pancreática. Por otro lado, también contienen hidratos de carbono interesantes como la trehalosa cuya utilización como edulcorante artificial podría mejorar el control glucémico e incluso reducir la resistencia insulínica de las personas que la padecen. A la fibra como la quitina que se encuentra en aquellos pequeños invertebrados que poseen exoesqueleto, aunque sea de difícil digestión, se le atribuyen posibles efectos como reguladora de la adipogénesis y, junto con uno de sus componentes, el quitosano, puede contribuir a la mejora de la composición de la microbiota, entre otros efectos como antihipertensivos, anticoagulantes y antivirales. En cuanto al contenido lipídico, los insectos destacan por su composición en ácidos grasos Om3 y 6 esenciales para el ser humano, incluso al mismo nivel que los que encontramos en los peces, sobre todo los de agua dulce. Se ha demostrado que, junto a las proteínas, la grasa es el principal componente a tener en cuenta para evitar la malnutrición, la desnutrición y la inanición, sobre todo en países subdesarrollados.

Entre los micronutrientes que abundan en ellos destacan como minerales fuentes más altas de hierro y zinc que las carnes de cerdo, res o pollo, interesante para evitar déficits de estos. En el caso de las vitaminas, es sabido que muchos de ellos poseen gran variedad de estas aunque faltan muchos datos para conocer exactamente la cantidad y dosis necesaria de insectos para determinarlo.

La legislación y seguridad con respecto a este nuevo alimento está todavía en estado de desarrollo, lo que si es sabido es que siguiendo la normativa vigente y unas buenas prácticas de higiene, los insectos están libres de peligros para la salud humana. No es de asombro la gran repulsión de los consumidores, sobretodo occidentales, hacia el consumo de sustentos inusuales como estos, lo cual es necesario de abordar a través de estrategias para obtener tales beneficios.

Por ende, se puede ultimar que todas estas sustancias en su conjunto confieren a los insectos la capacidad de ofrecer beneficios a la salud de las personas e inclusive salvaguardando la seguridad alimentaria, aumentando la sostenibilidad medioambiental, optimizando la agricultura y enriqueciendo los productos alimenticios existentes.

CAPÍTULO 5. RECOMENDACIONES

Con vistas al desarrollo de posteriores estudios, existen potenciales líneas de investigación a desarrollar que complementen o vislumbren nuevos resultados para afianzar la evidencia científica con respecto a la entomofagia. Se propone para ello las siguientes:

- Realizar más estudios clínicos que versen sobre los beneficios de estas fuentes de alimento en el estado salúfero de los humanos, ya que existen pocos de este tipo aún habiendo buenos resultados con otros modelos experimentales.
- Llevar a cabo más investigaciones sobre los efectos de los compuestos bioactivos de los insectos, su composición vitamínica, cantidades y dosis.
- Aumentar la investigación en la langosta migratoria debido a su relevancia legislativa en Europa, a los escasos estudios que la examinan y a la necesidad de comparar dentro del filo artrópodos sus diferencias con el *Acheta domesticus*.
- Determinar si el consumo de insectos origina interacciones con otros alimentos presentes en la dieta, así como más estudios que tengan en cuenta posibles efectos adversos a corto y largo plazo.

Otra línea de investigación reside en buscar nuevas estrategias para aumentar la aceptabilidad del consumidor hacia estos sustentos y, con ello, reducir su coste e incrementar su producción en masa y su tecnificación.

CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Fleeta Zaragozano J. Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? Sanid Mil. marzo de 2018;74(1):41-6.
2. Contribution à l'augmentation de la productivité animale à travers l'amélioration de l'alimentation du bétail auprès des ménages | La plataforma global de la inocuidad de los piensos | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/feed-safety/resources/resources-details/es/c/1106216/>
3. Insects | Free Full-Text | Edible Insects and Sustainable Development Goals | HTML [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/6/557/html>
4. Churchward-Venne TA, Pinckaers PJM, van Loon JJA, van Loon LJC. Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. Nutr Rev. 1 de diciembre de 2017;75(12):1035-45.
5. Actitudes de los consumidores hacia la entomofagia antes y después de evaluar las proteínas en polvo a base de grillo (*Acheta domesticus*) - PubMed [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32017110/>
6. Pino Cebrián M. Por qué todavía no comemos insectos: marco legal en la Unión Europea. Rev Bioét Derecho. 2018;(42):311-41.
7. Insects as Food | Natural History Magazine [Internet]. [citado 15 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.naturalhistorymag.com/editors_pick/1921_03-04_pick.html
8. The Insects: An Outline of Entomology, 4th Edition | Wiley [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.wiley.com/en-us/The+Insects:+An+Outline+of+Entomology,+4th+Edition-p-9781444317671>
9. La hipótesis de que los miriápodos y hexápodos son grupos se ha descartado en | Course Hero [Internet]. [citado 15 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/p4v9088/La-hip%C3%B3tesis-de-que-lo-miri%C3%A1podos-y-hex%C3%A1podos-son-grupos-se-ha-descartado-en/>
10. BOE.es - DOUE-L-2021-81529 Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1975 de la Comisión de 12 de noviembre de 2021 por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo de *Locusta*

- migratoria como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión. [Internet]. [citado 15 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-81529>
11. BOE.es - DOUE-L-2021-80708 Reglamento de Ejecución (UE) 2021/882 de la Comisión de 1 de junio de 2021 por el que se autoriza la comercialización de larvas de *Tenebrio molitor* desecadas como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión. [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-80708>
 12. EUR-Lex - 32022R0188 - EN - EUR-Lex [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2022/188/oj/spa
 13. List of edible insects of the world (April 1, 2017) - WUR [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
 14. Orkus A. Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*. abril de 2021;13(4):1207.
 15. 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*. 30 de mayo de 2019;281:124-9.
 16. Monografías S.E.A. | <http://www.sea-entomologia.org> [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <http://sea-entomologia.org/Publicaciones/MonografiasSEA/MonografiasSEA.htm>
 17. Orden Coleoptera - Revista IDE@ [Internet]. [citado 16 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://sea-entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/Coleoptera/index.html>
 18. Orden Orthoptera - Revista IDE@ [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <http://sea-entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/Orthoptera/index.html>

19. IUCN Red List of Threatened Species [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/64336581/74517796>
20. *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/species/1713418>
21. Thavamani A, Sferra TJ, Sankararaman S. Meet the Meat Alternatives: The Value of Alternative Protein Sources. *Curr Nutr Rep.* diciembre de 2020;9(4):346-55.
22. Van Huis A. Edible insects are the future? *Proc Nutr Soc.* agosto de 2016;75(3):294-305.
23. Skotnicka M, Karwowska K, Kłobukowski F, Borkowska A, Pieszko M. Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods Basel Switz.* 3 de abril de 2021;10(4):766.
24. Halloran A, Flore R, Vantomme P, Roos N, editores. *Edible Insects in Sustainable Food Systems* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2018 [citado 3 de abril de 2022]. p. 83-91. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_5
25. Hermans WJH, Senden JM, Churchward-Venne TA, Paulussen KJM, Fuchs CJ, Smeets JSJ, et al. Insects are a viable protein source for human consumption: from insect protein digestion to postprandial muscle protein synthesis in vivo in humans: a double-blind randomized trial. *Am J Clin Nutr.* 1 de septiembre de 2021;114(3):934-44.
26. Magara HJO, Niassy S, Ayieko MA, Mukundamago M, Egonyu JP, Tanga CM, et al. Edible Crickets (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits-A Review. *Front Nutr.* 2020;7:537915.
27. Adámková A, Mlček J, Kouřimská L, Borkovcová M, Bušina T, Adánek M, et al. Nutritional Potential of Selected Insect Species Reared on the Island of Sumatra. *Int J Environ Res Public Health.* mayo de 2017;14(5):521.
28. Hlongwane ZT, Slotow R, Munyai TC. Nutritional Composition of Edible Insects Consumed in Africa: A Systematic Review. *Nutrients.* 11 de septiembre de 2020;12(9):E2786.
29. Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en:

https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/noticias_y_actualizaciones/noticias/2021/evaluacion_insecto_alimento.htm

30. Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182020000601029&script=sci_arttext
31. Mwangi M, Oonincx D, Stouten T, Veenenbos M, Melse A, Dicke M, et al. Insects as sources of iron and zinc in human nutrition. *Nutr Res Rev.* 16 de noviembre de 2018;31:248-51.
32. 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.* marzo de 2016;70(3):285-91.
33. INFOODS: Tablas y bases de datos [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/infoods/infoods/tablas-y-bases-de-datos/es/>
34. Mahan LK, Raymond JL. Krause dietoterapia [Internet]. 2017 [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=702106>
35. Raheem D, Raposo A, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Carrascosa C. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Res Int Ott Ont.* diciembre de 2019;126:108672.
36. Botella C, Lucas-González R, Pérez Álvarez Jose A, Fernández López J et Viuda-Martos M. Assessment of chemical composition and antioxidant properties of defatted flours obtained from several edible insects. 2021 [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1082013220958854>
37. Gimeno Creus E. Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Offarm.* 1 de junio de 2004;23(6):80-4.
38. Testa M, Stillo M, Maffei G, Andriolo V, Gardois P, Zotti CM. Ugly but tasty: A systematic review of possible human and animal health risks related to entomophagy. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 22 de noviembre de 2017;57(17):3747-59.

39. Lokman IH, Ibitoye EB, Hezmee MNM, Goh YM, Zuki ABZ, Jimoh AA. Effects of chitin and chitosan from cricket and shrimp on growth and carcass performance of broiler chickens. *Trop Anim Health Prod.* noviembre de 2019;51(8):2219-25.
40. Salem M, Elsayed HAG. Effects of dietary chitosan supplementation on farmed fish; a review. *Rev Aquac.* 19 de enero de 2019;12.
41. Tripathi K y Singh A. CHITIN, CHITOSAN AND THEIR PHARMACOLOGICAL ACTIVITIES: A REVIEW | INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICAL SCIENCES AND RESEARCH [Internet]. 2018 [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://ijpsr.com/bft-article/chitin-chitosan-and-their-pharmacological-activities-a-review/>
42. Sharif R, Mujtaba M, Ur Rahman M, Shalmani A, Ahmad H, Anwar T, et al. The Multifunctional Role of Chitosan in Horticultural Crops; A Review. *Mol Basel Switz.* 10 de abril de 2018;23(4):E872.
43. Betchem G, Johnson N a. N, Yun W. The application of chitosan in the control of post-harvest diseases: a review. *J Plant Dis Prot.* 2019;126(6):495-507.
44. Di Mattia C, Battista N, Sacchetti G, Serafini M. Antioxidant Activities in vitro of Water and Liposoluble Extracts Obtained by Different Species of Edible Insects and Invertebrates. *Front Nutr.* 15 de julio de 2019;6:106.
45. Iturriaga G. Vida latente y resurrección de los organismos. *Inven Génesis Cult Univ En Morelos.* 2005;1(2):53-8.
46. Ahmed A, Khan TA, Dan Ramdath D, Kendall CWC, Sievenpiper JL. Rare sugars and their health effects in humans: a systematic review and narrative synthesis of the evidence from human trials. *Nutr Rev.* 10 de enero de 2022;80(2):255-70.
47. Yoshizane C, Mizote A, Arai C, Arai N, Ogawa R, Endo S et al. Daily consumption of one teaspoon of trehalose can help maintain glucose homeostasis: a double-blind, randomized controlled trial conducted in healthy volunteers - PubMed [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32646428/>
48. De Castro RJS, Sato HH. Advantages of an acid protease from *Aspergillus oryzae* over commercial preparations for production of whey protein hydrolysates with antioxidant activities. *Biocatal Agric Biotechnol.* 1 de julio de 2014;3(3):58-65.

49. Jantzen da Silva Lucas A, Menegon de Oliveira L, da Rocha M, Prentice C. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chem.* 1 de mayo de 2020;311:126022.
50. Tonk M, Vilcinskas A. The Medical Potential of Antimicrobial Peptides from Insects. *Curr Top Med Chem.* 2017;17(5):554-75.
51. Da Rocha M, Alemán A, Baccan G.C, López-Caballero M.E, Gómez-Guillén C, Montero P & Prentice C. Anti-Inflammatory, Antioxidant, and Antimicrobial Effects of Underutilized Fish Protein Hydrolysate: *Journal of Aquatic Food Product Technology: Vol 27, No 5* [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10498850.2018.1461160>
52. Elejalde Guerra JI. Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *An Med Interna.* junio de 2001;18(6):50-9.
53. Antioxidant activity of predigested protein obtained from a range of farmed edible insects - Zielińska - 2017 - *International Journal of Food Science & Technology* - Wiley Online Library [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.13282>
54. Keil C, Grebenteuch S, Kröncke N, Kulow F, Pfeif S, Kanzler C, et al. Systematic Studies on the Antioxidant Capacity and Volatile Compound Profile of Yellow Mealworm Larvae (*T. molitor* L.) under Different Drying Regimes. *Insects.* febrero de 2022;13(2):166.
55. Hall FG, Jones OG, O'Haire ME, Liceaga AM. Functional properties of tropical banded cricket (*Grylloides sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chem.* 1 de junio de 2017;224:414-22.
56. Effect of enzymatic hydrolysis on bioactive properties and allergenicity of cricket (*Grylloides sigillatus*) protein - ScienceDirect [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618306848?via%3Dihub>
57. Navarro Del Hierro J, Gutiérrez-Docio A, Otero P, Reglero G, Martín D. Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor*. *Food Chem.* 30 de marzo de 2020;309:125742.

58. Navarro del Hierro J, Cantero-Bahillo E, Fornari T, Martin D. Effect of Defatting and Extraction Solvent on the Antioxidant and Pancreatic Lipase Inhibitory Activities of Extracts from *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor*. *Insects*. septiembre de 2021;12(9):789.
59. Gómez Tortosa M. Determinación de la composición química, propiedades físico-químicas, tecno-funcionales y actividad antioxidantes de harina de gusano (*Tenebrio molitor*). 9 de noviembre de 2020 [citado 3 de abril de 2022]; Disponible en: <http://dspace.umh.es/handle/11000/6660>
60. Seo M, Goo T-W, Chung MY, Baek M, Hwang J-S, Kim M-A, et al. *Tenebrio molitor* Larvae Inhibit Adipogenesis through AMPK and MAPKs Signaling in 3T3-L1 Adipocytes and Obesity in High-Fat Diet-Induced Obese Mice. *Int J Mol Sci*. 28 de febrero de 2017;18(3):E518.
61. Cito A, Botta M, Francardi V, Dreassi E. Insects as source of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides. *J Insects Food Feed*. 30 de noviembre de 2017;3(4):231-40.
62. Botella-Martínez C, Lucas-González R, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M. Assessment of chemical composition and antioxidant properties of defatted flours obtained from several edible insects. *Food Sci Technol Int*. 1 de julio de 2021;27(5):383-91.
63. Raheem D, Carrascosa C, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Millán R, et al. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2019;59(14):2169-88.
64. Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Conse... - EUR-Lex [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/LSU/?uri=CELEX%3A32015R2283>
65. Moruzzo R, Mancini S, Guidi A. Edible Insects and Sustainable Development Goals. *Insects*. junio de 2021;12(6):557.
66. Getting insight into the prevalence of antibiotic resistance genes in specimens of marketed edible insects - ScienceDirect [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160516301222?via%3Dihub>

67. Caparros Megido R, Desmedt S, Blecker C, Béra F, Haubruge É, Alabi T, et al. Microbiological Load of Edible Insects Found in Belgium. *Insects*. marzo de 2017;8(1):12.
68. Gencer D, Yesilyurt A, Güllü M, Demir İ, Nalcacioglu R. Insecticidal activities of wild type and recombinant invertebrate iridescent viruses on five common pests. *Turk J Entomol*. 1 de septiembre de 2020;44(3):365-73.
69. Bertola M, Mutinelli F. A Systematic Review on Viruses in Mass-Reared Edible Insect Species. *Viruses*. 15 de noviembre de 2021;13(11):2280.
70. Fernandez-Cassi X, Supeanu A, Vaga M, Jansson A, Boqvist S, Vagsholm I. The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: a risk profile. *J Insects Food Feed*. 3 de abril de 2019;5(2):137-57.
71. Acerca de los parásitos [Internet]. 2022 [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/parasites/es/about.html>
72. Hamanaka T, Nishizawa K, Sakasegawa Y, Kurahashi H, Oguma A, Teruya K, et al. Anti-prion activity found in beetle grub hemolymph of *Trypoxylus dichotomus septentrionalis*. *Biochem Biophys Res*. 1 de septiembre de 2015;3:32-7.
73. ASALE R-, RAE. prion | Diccionario de la lengua española [Internet]. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/prion>
74. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed | EFSA [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4257>
75. Grau T, Vilcinskis A, Joop G. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Z Für Naturforschung C*. 1 de septiembre de 2017;72(9-10):337-49.
76. Van Broekhoven S, Bastiaan-Net S, de Jong NW, Wichers HJ. Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chem*. 1 de abril de 2016;196:1075-83.
77. Schlüter O, Rumpold B, Holzhauser T, Roth A, Vogel RF, Quasigroch W, et al. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Mol Nutr Food Res*. 2017;61(6):1600520.

78. Even therapeutic antimicrobial use in animal husbandry may generate environmental hazards to human health - Cabello - 2016 - Environmental Microbiology - Wiley Online Library [Internet]. [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1462-2920.13247>
79. Antibióticos [Internet]. National Library of Medicine; [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/antibiotics.html>
80. Soil-borne reservoirs of antibiotic-resistant bacteria are established following therapeutic treatment of dairy calves - Liu - 2016 - Environmental Microbiology - Wiley Online Library [Internet]. [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1462-2920.13097>
81. Long-Term Prophylactic Antibiotic Treatment: Effects on Survival, Immunocompetence and Reproduction Success of *Parasemia plantaginis* (Lepidoptera: Erebidae) | Journal of Insect Science | Oxford Academic [Internet]. [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/16/1/46/2726668>
82. Poma G, Cuykx M, Amato E, Calaprice C, Focant JF, Covaci A. Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food Chem Toxicol.* 1 de febrero de 2017;100:70-9.
83. Houbraken M, Spranghers T, De Clercq P, Cooreman-Algoed M, Couchement T, De Clercq G, et al. Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) for human consumption. *Food Chem.* 15 de junio de 2016;201:264-9.
84. Uptake of Cadmium, Lead and Arsenic by *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* from Contaminated Substrates [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0166186>
85. • Gráfico: Los insectos comestibles quieren ser un alimento global | Statista [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://es.statista.com/grafico/14656/los-insectos-comestibles-quieren-ser-un-alimento-global/>

86. House J. Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite*. 1 de diciembre de 2016;107:47-58.
87. Moruzzo R, Mancini S, Boncinelli F, Riccioli F. Insects | Free Full-Text | Exploring the Acceptance of Entomophagy: A Survey of Italian Consumers | HTML [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/2/123/htm>
88. Toti E, Massaro L, Kais A, Aiello P, Palmery M, Peluso I. Entomophagy: A narrative review on nutritional value, safety, cultural acceptance and a focus on the role of food neophobia in Italy. *EJIHPE Eur J Investig Health Psychol Educ*. 2020;10(2):628-43.
89. Ruby MB, Rozin P, Chan C. Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *J Insects Food Feed*. 1 de agosto de 2015;1:215-25.
90. Linn SE. Book Review: van Huis A, van Gurp H, and Dicke M [eds.]. 2014. *The Insect Cookbook: Food for a Sustainable Planet*. Columbia University Press, New York, New York, XVII + 191 p. *Fla Entomol*. 2016;157-8.
91. Deroy O, Reade B, Spence C. The insectivore's dilemma, and how to take the West out of it. *Food Qual Prefer*. 1 de septiembre de 2015;44:44-55.

ANEXO



BENEFICIOS DEL CONSUMO DE INSECTOS COMO FUENTE DE ALIMENTO EN LA SALUD HUMANA
BENEFITS OF INSECT CONSUMPTION AS A FOOD SOURCE ON HUMAN HEALTH

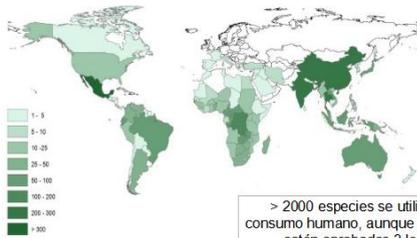
Alberto Gutiérrez Urcola
Universidad Europea del Atlántico

INTRODUCCIÓN

El consumo y la demanda de alimentos está aumentando ilimitadamente a nivel mundial por lo que es necesaria la introducción de otro tipo de sustentos que complementen el patrón dietético de la población como lo son los insectos.

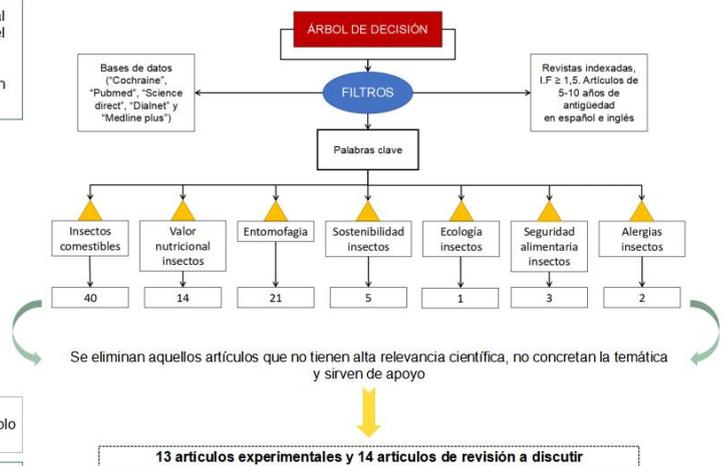
La entomofagia o consumo de insectos está cobrando mucho interés, sobre todo en regiones donde su ingestión no era algo habitual, como en Occidente.

Población de animales más abundante del mundo (> 1 millón de especies descritas)



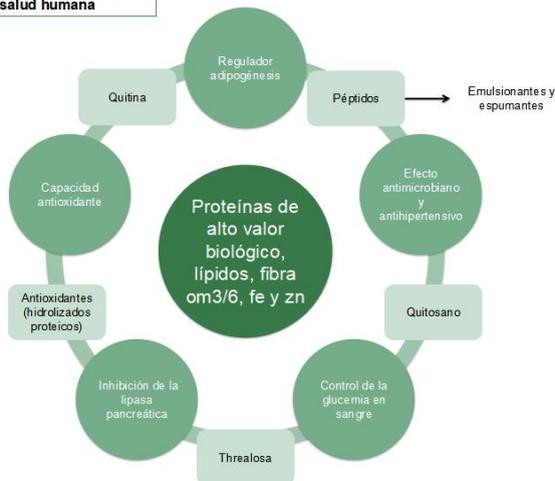
OBJETIVO: Demostrar que el consumo de insectos aporta beneficios a la salud humana

MÉTODOLÓGÍA



DISCUSIÓN

Compuestos biotivos y sus efectos en la salud humana



CONCLUSIONES



Los insectos poseen un alto valor nutricional, compuestos bioactivos, seguridad alimentaria, sostenibilidad ambiental, entre muchos otros

PP: Anabolizantes, antimicrobianos, antioxidantes
HC: Control glucémico y reducción de resistencia insulínica
LIP: Evitar malnutrición, desnutrición e inanición
MINERALES: Sobretudo Fe y Zn. Evitar déficits
VITAMINAS: Abundan pero falta información

La quitina, posibles efectos reguladores de la adipogénesis y junto con el quitosano tiene efectos antihipertensivos, anticoagulantes y antivirales

Legislación y seguridad en estado de desarrollo. Siguiendo la normativa vigente y unas buenas prácticas de higiene, los insectos están libres de peligros para la salud humana

Gran repulsión de los consumidores occidentales hacia el consumo de insectos. Es necesario de abordar a través de estrategias para obtener tales beneficios

REFERENCIAS

1. Flela Zaragoza J. Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? Sanid Mil. marzo de 2018;74(1):41-6
2. Orkusz A. Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison. Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. Nutrients. abril de 2021;13(4):1207
3. List of edible insects of the world (April 1, 2017) - WUR [Internet]. [citado 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.html>
4. Insects as Food | Natural History Magazine [Internet]. [citado 15 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.naturalhistorymag.com/editors_pick/1921_03-04_pick.html

