



Facultad de Veterinaria  
**Universidad Zaragoza**



# Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

---



# Índice

1. Resumen.....	1
1.1. Resumen .....	1
1.2. Abstract.....	2
2. Introducción.....	3
3. Justificación y objetivos.....	7
4. Metodología.....	8
5. Resultados y discusión.....	9
5.1. Tipos de insectos y valor nutritivo.....	9
5.2. Técnicas de producción de insectos .....	11
5.3. Procesado y conservación.....	18
5.4. Aspectos sanitarios de la comercialización.....	21
5.5. Aspectos medioambientales.....	22
5.6. Aspectos legales .....	23
5.7. Encuesta .....	25
6. Conclusiones.....	29
6.1. Conclusiones .....	29
6.2. Conclusions .....	30
7. Valoración personal .....	31
8. Bibliografía.....	32
9. Anexo: Cuestionario .....	34



## 1. Resumen

### 1.1. Resumen

El constante crecimiento demográfico de la población mundial, el impacto ambiental de los actuales sistemas de producción de alimentos y el incremento del número de consumidores que rechazan una dieta en la que se incluyan proteínas de origen animal ha provocado que en los últimos años se esté impulsando la búsqueda de alternativas a los alimentos tradicionales.

El consumo de insectos, denominado entomofagia, es una de las soluciones que se plantea con objeto de suministrar a la población nuevos alimentos nutritivos, producidos de una manera más sostenible.

Aunque el consumo de insectos es habitual en distintas culturas, es necesario resolver numerosas cuestiones antes de que esta práctica se considere habitual en la sociedad occidental.

Por todo ello, en este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica con el objetivo de justificar la necesidad de desarrollar nuevas fuentes de alimentación como pueden ser los insectos, describir los tipos de insectos comestibles, sus técnicas de producción, sus propiedades nutritivas, sus técnicas de procesado y conservación y evaluar las implicaciones que la producción, distribución y consumo de insectos pueden conllevar a nivel medioambiental, sanitario y legal.

El presente trabajo consta de dos partes. La primera de ellas consiste en una memoria basada en la información recopilada a través de una revisión bibliográfica utilizando palabras clave y distintos buscadores como Google Scholar, Scopus o Web of Science mientras que la segunda parte consiste en la realización de una encuesta con objeto de conocer la aceptación que el consumo de insectos tiene en la sociedad española.

## 1.2. Abstract

The steady demographic growth of the world's population, the environmental impact from the nowadays food production systems and the increasing number of consumers who reject animals protein-based diets has led to an increase in the search of an alternative to traditional foods.

Insect consumption, denominated entomophagy, has been set as one of the solutions in order to provide to the population new nutritious foods and sustainable produced.

Despite being a habitual practice in other cultures, a number of important issues remain to be resolved before making this consumption regular in the occidental society.

So, the aim of this review is to carry out a bibliographic revision in order to justify the new sources of feeding needs such as the insects, describing the edible insects, their production techniques, their nutritional properties, processing and preservation techniques and asses the environmental, health and legal impact of the insects production distribution and consumption.

This review consist of two parts; the first part is a statement based in the information compiled through a key words literature revision as well as different search engines like Google Scholar, Scopus and Web of Science. The second part consists of a survey addressed to know the acceptance among the Spanish society about the insect consumption.

## 2. Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la entomofagia se define como el consumo de insectos por los seres humanos (Halloran y Vantomme, 2013). Esta práctica, que se lleva a cabo en múltiples regiones de Asia, África, Australia y América Latina de forma habitual, es aún poco conocida, e incluso rechazada, en países Occidentales si bien la globalización está favoreciendo su rápida difusión en los últimos años.

Recientemente la entomofagia ha captado la atención de las instituciones de investigación, la industria alimentaria, los legisladores y organismos que se ocupan de la alimentación humana y animal así como de los cocineros y medios de comunicación ya que esta práctica está adquiriendo relevancia a raíz de los importantes cambios demográficos, socioculturales y medioambientales que se están produciendo a nivel mundial.

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) la población mundial actual está censada en aproximadamente 7.500 millones de personas y se estima que en el 2050 el número de personas en el planeta superará los 9.000 millones. Este crecimiento demográfico de la población ha supuesto un gran incremento de la demanda de alimentos a escala mundial, lo cual pone de manifiesto la necesidad de encontrar fuentes de alimentación alternativas a las actuales. Por otro lado los hábitos socioculturales relacionados con la alimentación están en constante evolución y, en la actualidad, se están popularizando múltiples estilos de vida que tienen como objetivo la reducción o eliminación de la carne en las dietas. Por estos motivos se hace necesario investigar nuevas fuentes de proteína sustitutivas o complementarias de la proteína animal.

Finalmente hay que tener en cuenta que la ganadería intensiva y el sobrepastoreo están provocando la degradación de los hábitats naturales y son los responsables máximos de las emisiones de gases de efecto invernadero y metano ( $\text{CH}_4$ ), con el consiguiente efecto sobre el cambio climático y la contaminación del suelo y del agua. Estos aspectos deben ser considerados ya que el cambio climático y la contaminación son temas de relevancia a nivel mundial y sus impactos negativos podrían reducirse si se desarrollasen nuevas formas de producir alimento que conlleven un impacto ambiental menor.

Considerando que todos nuestros ancestros, los primates no humanos, son insectívoros en algún grado (O'Malley y McGrew, 2014), teniendo para ellos un importante significado nutricional (Raubenheimer y Rothman, 2013), y que alrededor de 2.000 millones de personas complementan su dieta con la ingesta de insectos, es factible pensar que esta práctica podría ser una solución viable, o por lo menos interesante de estudiar, para solucionar los problemas expuestos en los párrafos anteriores.

La entomofagia se practica tradicionalmente en 113 países (MacEvilly, 2000) y se conocen más de 2.000 especies de insectos consideradas aptas para consumo humano (Jongema, 2012), las cuales pueden ser consumidos de formas muy variadas: enteros o molidos, en forma de polvo o pasta e incluso como ingredientes de otros alimentos.

Teóricamente el uso de insectos como alimento comporta una serie de beneficios de carácter ambiental, sanitario y social.

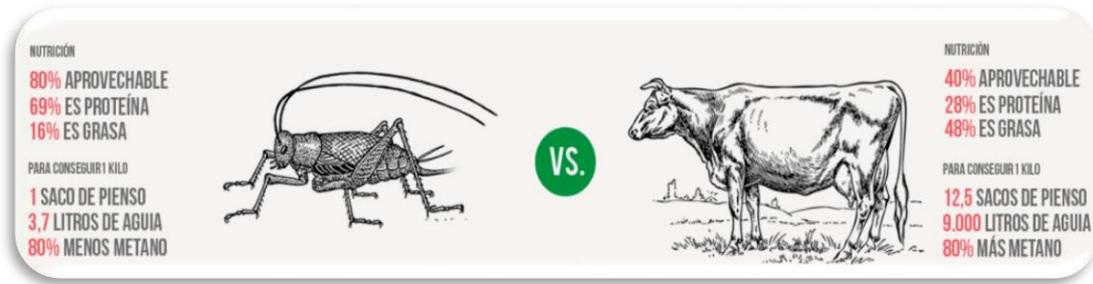
Las ventajas ambientales están relacionadas con la alta eficiencia de los insectos en la conversión de alimentos (Nakagaki y Defoliart, 1991) debido a que son animales poiquiloterms y que tienen una tasa de reproducción y crecimiento más alta que la de los animales utilizados en la ganadería convencional (Nakagaki y Defoliart, 1991). Además, los insectos pueden alimentarse de residuos biológicos y transformarlos en proteínas de alta calidad. Por otro lado, los gases de efecto invernadero producidos por la mayoría de los insectos son inferiores a los del ganado convencional y utilizan mucha menos agua que estos animales durante su cría (Oonincx et al., 2010).

Los beneficios para la salud están asociados a la alta calidad de sus proteínas y nutrientes en general (Rumpold y Schlüter, 2013) aunque hay que tener en cuenta que el contenido nutricional de los insectos depende de su etapa de vida (etapa metamórfica), su hábitat y su dieta (Cox y Willis, 1985; Resh y Cardé, 2003). Otra importante ventaja del consumo de insectos relacionada con la salud pública es el reducido riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas (Halloran y Vantomme, 2013).

Finalmente hay que destacar que los insectos pueden recolectarse directamente del medio de manera sencilla y apenas se necesitan medios técnicos o inversiones importantes para adquirir equipos básicos de cría y recolección (Halloran y Vantomme, 2013) por lo que resulta de un medio de vida viable para los estratos más pobres de la sociedad (Halloran y Vantomme, 2013). Así pues, la recolección y la cría de insectos pueden generar oportunidades empresariales tanto en las economías desarrolladas como en aquellas en fase de desarrollo.

Además de todas las ventajas expuestas anteriormente, los insectos tienen otras funciones importantes útiles más allá de las alimentarias como proporcionar servicios ecosistémicos (polinización, descomposición de basura orgánica, etc.), aportar compuestos para la medicina tradicional (desbridación larvaria, jalea real, etc.) y producir productos como colorantes alimentarios naturales (rojo cochinilla), tejidos como la seda o alimentos como la miel (Halloran y Vantomme, 2013).

A modo de ejemplo, la Figura 1 refleja las ventajas nutricionales y medioambientales que representa la producción de un kilogramo de insectos frente a la producción de un kilogramo de carne de vacuno.



**Figura 1.** Comparación entre la producción de 1 kg de insecto y 1 kg de bovino.

Frente a todas estas ventajas, la producción de insectos conlleva una serie de inconvenientes que hay que tener en cuenta para realizar un análisis objetivo de su uso como alimento. En la actualidad, el volumen de producción de los insectos no puede competir con la de las fuentes convencionales de alimentos. En consecuencia, la mejora de los procesos de producción es una cuestión clave para el crecimiento de la industria de insectos comestibles. Además, deben desarrollarse marcos normativos adecuados que regulen la producción y el comercio de insectos como alimentos y llevarse a cabo estudios e investigaciones relacionadas con los riesgos y la inocuidad de estos productos (Halloran y Vantomme, 2013). Otro problema a considerar es que la cría de muchas especies de insectos comestibles es estacional y por ello ciertas especies han tenido que ser semi-domesticadas para permitir su cultivo o cría. Aunque el número de especies que se han conseguido criar es aún muy pequeño, el potencial de cultivo de otras especies es alto y requiere de mayores investigaciones (A.L. Yen, 2015). También hay que considerar que en los países donde los insectos comestibles se recolectan de la naturaleza, o de cultivos agrícolas donde se consideran plagas, la recolección masiva puede amenazar las fuentes naturales y provocar la degradación del ecosistema (Ramos-Elorduy, 2006).

Finalmente es importante destacar que, a pesar de las teóricas ventajas de la entomofagia, la aprehensión del consumidor provoca un rechazo de la ingesta de estos productos. Este problema sigue siendo una de las grandes barreras para que los insectos se consideren fuentes viables de proteína en numerosos países occidentales. No obstante los modelos de dieta son susceptibles de cambiar rápidamente y hay que tener presente que en la sociedad occidental se consumen alimentos del mismo phylum que el de los insectos como la langosta, las gambas o los mejillones (Ramos-Elorduy, 1998). Por tanto, para fomentar el consumo de insectos, es necesario llevar a cabo actuaciones dirigidas a exponer de manera clara las ventajas que presentan los insectos como alimento.

En resumen, la entomofagia parece presentar múltiples ventajas como fuente de alimento para el hombre. No obstante, antes de que esta práctica llegue a ser viable han de resolverse muchas cuestiones.

En primer lugar es necesario desarrollar nuevas técnicas que permitan mejorar el rendimiento de la producción de insectos para conseguir abastecer la demanda de una población cada vez más numerosa, sin que se vea perjudicada la seguridad alimentaria ni el medio ambiente, a la vez que se mejora la eficiencia de los tratamientos de los desechos.

Por otra parte hay que promover la entomofagia con objeto de convertirla en una práctica normalizada, transmitiendo al consumidor la imagen de que de los insectos son un producto nutritivo, apetecible y seguro.

Por último debe desarrollarse una legislación adecuada que facilite la producción, distribución y control de la inocuidad de los insectos.

Dicho todo esto se puede considerar la entomofagia como un recurso importante a tener en cuenta en un futuro próximo, que permita dar solución a múltiples conflictos actuales.

### 3. Justificación y objetivos

Los insectos son una potencial fuente de alimento que podría dar respuesta a la cada vez más acuciante necesidad de encontrar formas alternativas de alimentación en un mundo en el cual la densidad de la población va en aumento y los recursos alimenticios están concentrados en el primer. Por otra parte también es necesario buscar formas de producción más sostenibles que promuevan la protección del medio ambiente y los recursos naturales. Además es necesario determinar el nivel de seguridad y la inocuidad de estos productos alimenticios, aún muy novedosos en nuestra cultura Occidental, y conocer sus posibles formas de producción, procesado y conservación.

Estas cuestiones plantean incógnitas aún no resueltas o insuficientemente investigadas que ofrecen nuevas líneas de trabajo, tanto de investigación como a nivel legal. Por todo ello, este trabajo pretende recopilar la información disponible hasta el momento sobre las ventajas y desventajas que lleva asociadas la entomología como práctica alimentaria, para sacar conclusiones sobre su posible aplicación futura.

Los objetivos de este trabajo de revisión bibliográfica sobre la Entomofagia son:

1. Poner de manifiesto la necesidad global de desarrollar nuevas fuentes de alimentación, en este caso en forma de insectos comestibles, debido a la creciente demanda de alimento a nivel mundial.
2. Describir los tipos de insectos consumibles y sus propiedades nutritivas además de las posibles técnicas de producción, procesado y conservación.
3. Evaluar las implicaciones que la producción, distribución y consumo de insectos pueden conllevar a nivel medioambiental, sanitario y legal.
4. Escrutar la aceptación que la práctica de la entomofagia tendría en la sociedad española por medio de una encuesta.

#### 4. Metodología

En primer lugar el trabajo empezó con una búsqueda general a través del motor de búsqueda “Google Scholar” y la base de datos online “ScienceDirect” a partir de las palabras clave “entomofagia” (“entomophagy”) e “insectos” (“insects”). De esta búsqueda hay que destacar que se encontró la revista “Journal of insects”, cuyos artículos tratan diversos aspectos relacionados con la entomofagia, desde tipos de insectos comestibles y análisis de valores nutritivos o procesos de producción hasta artículos de opinión. También se encontraron dos artículos relativos al tema en la revista “Journal of Cleaner Production”, una tesis que trataba los aspectos de aceptación y marketing relacionados con el consumo de alimentos y un artículo de la FAO.

Tras la lectura de las fuentes de información recopiladas se procedió a la selección de la información más relevante de cada una de ellas, la cual se fue clasificando para redactar los diferentes apartados de la presente memoria.

Tras esta primera búsqueda se procedió a introducir en “Google Scholar” y “ScienceDirect” las palabras clave “producción” (“production”), “procesado” (“processing”) y “novel food legislation” para completar la información relativa a los apartados de producción, procesado y legislación, que no habían quedado convenientemente cubiertos en la primera búsqueda. Los apartados de producción y procesado se basaron en los capítulos 5 y 6 del libro titulado “Insects as Sustainable Food Ingredients” y para el apartado de legislación se consultó el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE).

Por último se elaboró la encuesta con objeto de evaluar el conocimiento de la población española sobre la entomofagia y su opinión y aceptación de esta práctica. La estructura y las preguntas que constituían la encuesta se incluyen en el Anexo.

Esta encuesta fue distribuida a través de la red social Facebook en el tiempo de una semana y propuesta a la totalidad de contactos de la autora de este trabajo a los cuales, a su vez, se les animó a compartirla en sus propios perfiles para que fuese distribuida entre el mayor número de usuarios posibles y conseguir información lo menos sesgada posible. Una vez finalizado el periodo para realizar la encuesta se analizaron los resultados obtenidos.

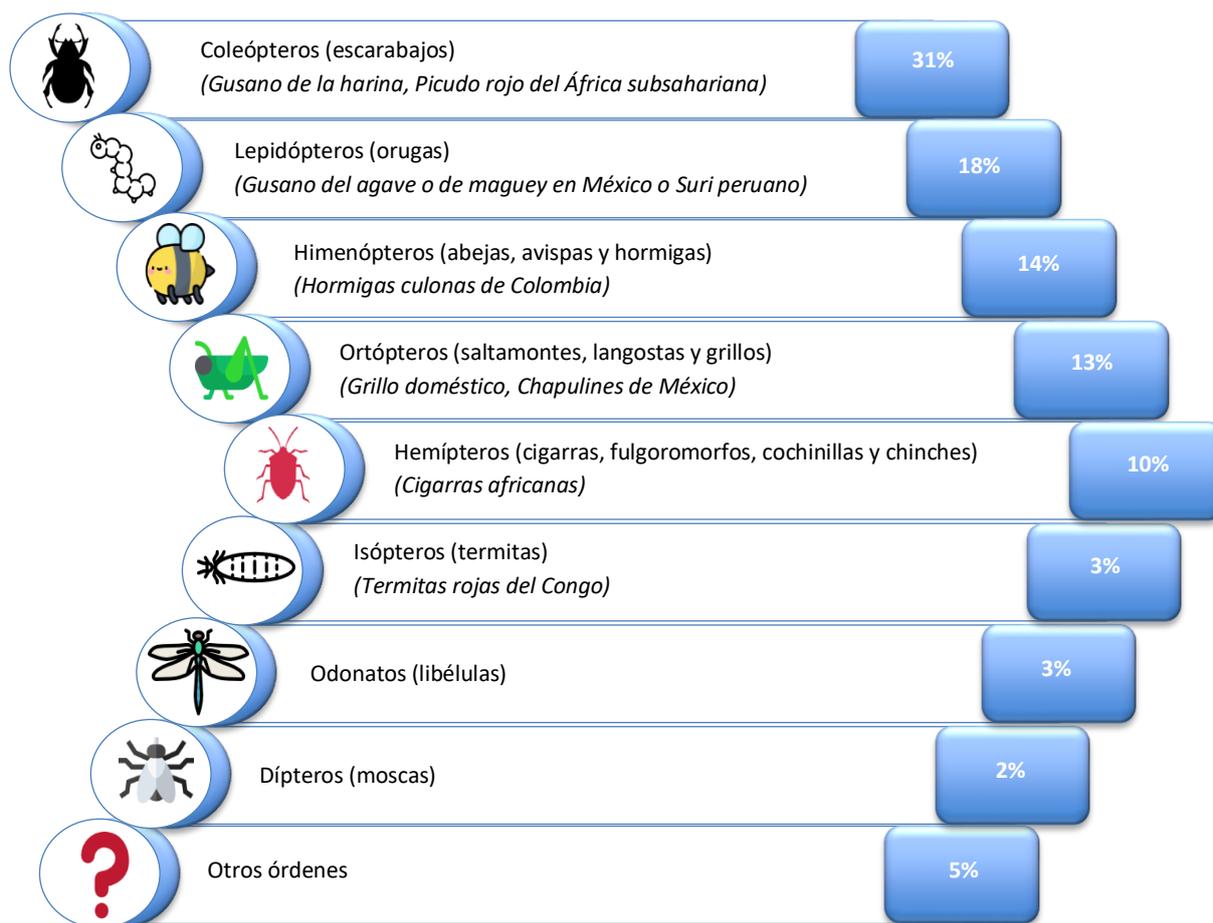
## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Tipos de insectos y valor nutritivo

Se conocen aproximadamente 2.000 especies de insectos comestibles en todo el mundo y conforme se realizan más estudios sobre esta cuestión la cifra aumenta. No obstante, los datos disponibles sobre la cantidad de insectos que se consumen en todo el mundo son escasos.

La Tabla 1 muestra los insectos más consumidos en el mundo y en qué proporción se consumen (Halloran y Vantomme, 2013).

**Tabla 1.** Especies y porcentajes de los insectos más consumidos en el mundo.



Debido al gran número de especies de insectos comestibles en el mundo es difícil resumir su aporte nutritivo basado en su composición. Además, hay que tener en cuenta que aspectos como el estadio metamórfico, la dieta o el hábitat condicionan en gran medida el valor nutritivo de los insectos (Cox y Willis, 1985; Resh y Cardé, 2003). Finalmente los procedimientos de procesado, conservación o cocinado (seco o fresco, hervido, frito, a la parrilla, etc.) también afectan a este valor (Huis et al., 2013).

Aun así, teniendo presentes estos aspectos que pueden influir en el valor nutritivo del producto que se pretende analizar, los insectos tienen ciertas características comunes en cuanto a sus nutrientes se refiere y, en general, se presentan como una buena fuente de proteínas, grasas, energía, vitaminas y minerales.

Se considera que la proteína representa el 50-82% de su peso seco (Schabel, 2010), un porcentaje mayor que la que poseen la carne de ternera, cerdo, pollo o cordero (Srivastava, Babu y Pandey, 2009). Además, se trata de una proteína de alta calidad debido al alto contenido de fenilalanina y tirosina y, en general, satisfacen todos los requerimientos de aminoácidos a excepción de la metionina.

El contenido en grasa se corresponde con un 10-30% del peso húmedo (DeFoliart, 1991), siendo este porcentaje mayor en los estadios de larva y pupa que en el adulto (Chen, Feng y Chen, 2009). En cuanto a la composición en ácidos grasos es destacable que el contenido en ácidos grasos insaturados es mayor que el de saturados.

En cuanto a los micronutrientes se aprecian altos niveles de potasio, calcio, hierro, zinc, magnesio (Schabel, 2010) y selenio (Finke, 2002). Los insectos también proporcionan vitaminas cuyo tipo prevalente varía en función de la especie consumida (Schabel, 2010).

Los valores anteriormente expuestos están basados en insectos recolectados de la naturaleza por lo que las futuras investigaciones deberían ir dirigidas al análisis del valor nutricional de los insectos cuando estos son alimentados en condiciones de cría intensiva, ya que está constatado que el valor nutricional de los insectos varía en gran medida dependiendo de su dieta (Ramos-Elorduy, Gonzalez, Hernandez y Pino, 2002). Los valores nutricionales adquiridos a partir de una dieta basada en una alimentación con desechos orgánicos sería muy interesante de analizar ya que, al ser capaces de metabolizar estos residuos, podrían servir además de para proporcionar alimento, como un método de descontaminación y reciclaje.

Además de los nutrientes, la posible presencia de ingredientes potencialmente dañinos como los alérgenos debe ser investigada para garantizar la inocuidad del consumo de insectos.

Teniendo en cuenta los valores nutritivos analizados en los párrafos anteriores se puede concluir que los insectos deben ser valorados como una opción para sustituir la carne de origen animal como fuente de proteína. Además, aportan gran cantidad de aminoácidos y micronutrientes esenciales lo cual podría suponer una solución en los países subdesarrollados donde la gente presenta problemas de desnutrición asociados al escaso acceso que tienen tanto a proteínas como a micronutrientes.

Por otro lado, los insectos contienen una menor cantidad de grasas saturadas que los productos de origen animal tradicional, asociado a problemas de obesidad, que podrían disminuir dicho problema en los países desarrollados.

Por tanto este análisis de los valores nutricionales parece reforzar la idea de que el consumo de insectos podría considerarse como fuente alternativa de alimentos de la población a nivel mundial.

## 5.2. Técnicas de producción de insectos

Para conseguir una producción a gran escala de insectos y conseguir un producto más atractivo para el consumidor, es necesario desarrollar y mejorar tanto las técnicas de recolección y cultivo como las de procesado post-cultivo, incluyendo una monitorización de la calidad y la seguridad del producto. La automatización de los procesos de producción permite disminuir los costes de producción y garantiza la seguridad sanitaria de los insectos destinados a la alimentación humana. La optimización del rendimiento de la carne y/o proteína requiere una adecuada selección de las especies de insectos más adecuadas para la cría. Para alcanzar este objetivo hay que tener en cuenta multitud de factores relacionados con la producción, sin olvidar que el producto final debe de ser aceptado por el consumidor.

Los insectos candidatos se seleccionan en función de su tamaño, comportamiento social, seguridad, tendencias epidémicas, potencial reproductivo y de supervivencia, beneficios nutricionales y potencial de almacenamiento y comercialización. Estas características están relacionados, por ejemplo, con una mayor producción y eclosión de los huevos, una corta duración del estado larval, una óptima sincronización de la pupación, un mayor peso de la larva o pupa, una alta productividad relacionada con una alta tasa de conversión y un alto potencial de aumento de biomasa por día, bajos costes de alimentación, baja vulnerabilidad a las enfermedades, capacidad de vivir en altas densidades y una alta calidad de la proteína.

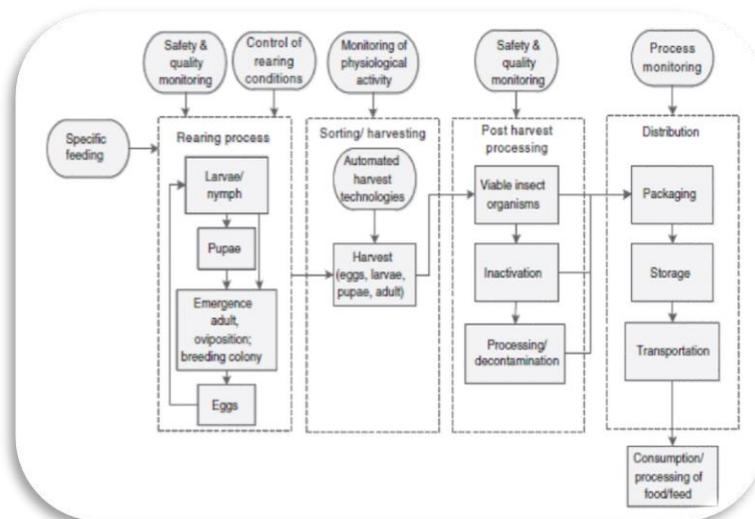
Otros factores que influyen en la cría son la temperatura, la iluminación, la humedad, la ventilación, las propiedades del contenedor de cría, la densidad de la población, el sitio de ovoposición, la disponibilidad de agua y comida, la composición y la calidad de la comida y la contaminación microbiana (Peters y Barbosa, 1977; Scriber y Slansky, 1981; Sharaby, Montasser, Mahmoud, y Ibrahim, 2010; Singh, 1982; Tchuinkam et al., 2011; Vantomme, Mertens, Van Huis, y Klunder, 2012).

Para reducir los costes en el proceso de producción de los insectos comestibles es muy importante automatizar las tecnologías para la cría, cosecha, procesado y distribución. Esto puede incluir el desarrollo de nuevas técnicas de descontaminación de superficies para los contenedores de cría, además de para insectos y huevos, el desarrollo de la monitorización de equipos, por

ejemplo para monitorizar enfermedades o controlar unidades de alimentación, el desarrollo de sistemas mecánicos de eliminación de animales muertos o potencialmente infectados, equipos de cosecha automáticos, unidades de procesado para la eliminación de alas y patas, separación de proteínas, eliminación de quitina, etc. y monitorización del procesado a lo largo de la distribución así como el control de las condiciones de envasado, almacenamiento y transporte.

Para disminuir aún más los costes habría que considerar el uso de sustratos de cría baratos, como por ejemplo desechos orgánicos, y mejorar y automatizar los procedimientos sanitarios para manejar las enfermedades y reducir las pérdidas (Vantomme et al., 2012). Además de reducir los costes durante el proceso de cría, las mejoras sanitarias también disminuyen la contaminación microbiana y en consecuencia aumentan la seguridad alimentaria de los productos.

En la Figura 1 se observa un esquema que representa la distribución de las diferentes etapas de producción y las acciones de monitorización y mecanización necesarias para una adecuada automatización del proceso.



**Figura 2.** Esquema del proceso de producción de alimentos a partir de insectos.

### 5.2.1. Instalaciones

El área de cría debe tener en cuenta si la especie de insecto a criar se arrastra, salta o vuela para diseñar y utilizar el espacio de la forma más eficiente posible. Se requiere determinar la densidad de animales que pueden criarse para optimizar los métodos de control del ambiente como pueden ser la ventilación, la calefacción o los sistemas de control de la humedad. Hay que tener en cuenta que es necesario proporcionar el sustrato adecuado y en las cantidades correctas en función de las necesidades de cada especie. Un exceso de sustrato provoca un desperdicio y deterioro innecesario del mismo.

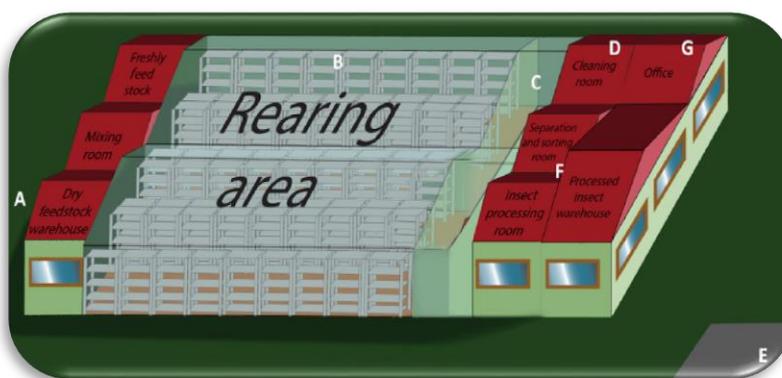
En el área de separación y clasificación los insectos se recolectan de su medio de cría y se llevan a cabo procesos dedicados a garantizar la trazabilidad. En algunos casos se hace una clasificación de

los insectos por tamaños para homogeneizar la producción y evitar el canibalismo entre animales de distinto tamaño.

En algunas especies puede ser necesaria una sala de limpieza donde se lleva a cabo la limpieza y separación de los residuos y heces de los insectos, bien como un paso previo al procesado o bien, si en algún momento hay que redistribuir los insectos a otras zonas de cría, para impedir la transmisión de una posible contaminación entre las distintas zonas de la explotación.

Las heces que se separan de los insectos y los residuos de la alimentación se pueden recoger en el área de compostaje y utilizarse con otros fines como el de fertilización.

En la Figura 2 se observa un ejemplo de la distribución de las instalaciones en una explotación de insectos.



**Figura 3.** Ejemplo de la distribución de las operaciones en una granja de insectos. (A) Almacén de alimentos, (B) área de cría, (C) cuando los animales están listos para ser recolectados se separan de los excrementos y se limpian, (D) limpieza de material, (E) área de compostaje, (F) área de procesado de insectos y (G) oficinas.

### 5.2.2. Control ambiental

El control ambiental se basa principalmente en el control de la temperatura. Los insectos son organismos ectotérmicos por lo que la velocidad de su desarrollo está directamente relacionada con la temperatura. Una temperatura muy baja disminuye el desarrollo y una temperatura excesivamente alta provoca estrés por lo que ambos extremos aumentan la mortalidad y disminuyen la producción de la explotación.

La humedad también juega un papel fundamental en la producción de insectos. Con humedades demasiado altas se aumentan las enfermedades y el deterioro de comida mientras que con humedades demasiado bajas se producen problemas fisiológicos y un exceso del secado de la comida que puede resultar especialmente problemático en aquellos insectos que utilizan el agua presente en los alimentos.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los demás gases potencialmente tóxicos deben eliminarse con una adecuada ventilación. Si es necesario renovar el aire con aire del exterior deben instalarse filtros para evitar los riesgos de contaminación.

En cuanto a la iluminación, ciertas especies necesitan luz mientras que otras son fotofóbicas. También depende del estado metabólico ya que en general las larvas no necesitan luz y los adultos la necesitan para la ovoposición. La potencia de la luz también depende de las especies. Finalmente, el ambiente debe mantenerse lo más homogéneo posible en todo el sistema de producción para evitar una producción heterogénea.

### 5.2.3. Alimentación

Para llevar a cabo una correcta alimentación de los insectos hay que tener en cuenta que deben distinguirse varios grupos dependiendo de su tipo de alimentación: comedores de líquidos, que poseen aparato suctor bucal, o comedores de sólido, que posee o bien aparato picador bucal que les permite masticar material de plantas o animales o bien aparato perforador - succionador que les permite perforar al hospedador y chupar los tejidos licuados de origen animal o vegetal (Chapman, 2003). Dependiendo de las estructuras bucales de cada especie serán necesarias unas presentaciones u otras del alimento. Los alimentos líquidos son los más adecuados para aquellos insectos con aparato bucal succionador mientras que los comedores de sólidos con aparato picador son capaces de masticar grandes partículas de comida sólida y reducirla a partes que son capaces de ingerir (Cohen, 2004). Por otra parte, los comedores de sólido perforadores necesitan un medio de barrera o encapsulación que atraviesaran para poder alimentarse de una sustancia líquida o semilíquida que se encuentre en su interior (Morales-Ramos et al., 2014).

En cuanto a las necesidades nutricionales de los insectos, hay que tener en cuenta que la mayoría de los insectos criados para alimentación son omnívoros, normalmente carroñeros en su hábitat natural, lo cual les otorga una gran flexibilidad en cuanto a los nutrientes y fuentes de alimentación se refiere. Esta característica permite alimentarlos a partir de fuentes de comida de bajo valor nutricional, aunque en el marco de la productividad de una granja los insectos deben consumir una dieta correctamente equilibrada.

En cuanto a los requerimientos de macronutrientes, los carbohidratos son esenciales en el desarrollo de los insectos ya que son una importante fuente de energía y permiten la producción de quitina, un amino polisacárido presente en el exoesqueleto de los artrópodos (Chippendale, 1978). Los lípidos constituyen parte de la membrana celular, proporcionan una vía eficiente de almacenamiento y proveen de energía durante periodos de necesidad; además sirven de barrera para la conservación de agua en la cutícula de los artrópodos. Los ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico y el linolénico, al igual que en el caso de la alimentación humana, son

normalmente esenciales ya que muchas especies de insectos no son capaces de sintetizarlos o los sintetizan en cantidades insuficientes (Downer, 1978; Chapman, 1998). Los fosfolípidos son muy importantes ya que juegan un papel importante en la síntesis de lípidos y lipoproteínas (Agosin, 1978; Shapiro, 1988). Las proteínas forman parte fundamental de tejidos y son necesarias para el crecimiento y desarrollo. Aumentando el nivel de proteína en las dietas se observan desarrollos más rápidos (Morales-Ramos et al., 2010) y mejoras de los índices de conversión (van Broekhoven et al., 2015). Las dietas de los artrópodos necesitan contener al menos 10 aminoácidos esenciales que incluyen leucina, isoleucina, valina, treonina, lisina, arginina, metionina, histidina, fenilalanina y triptófano ya que los insectos no son capaces de sintetizarlos (Chapman, 1998; Cohen, 2004; Lundgren, 2009). Otros aminoácidos como la tirosina se sintetizan en escasas cantidades y es muy recomendable incluirla en grandes cantidades a través de la alimentación (House, 1961; Chapman, 1998; Lundgren, 2009).

En cuanto a los micronutrientes, se importante incluir complejos lipídicos como el esteroles, las vitaminas y algunos minerales. Los esteroides son esenciales (House, 1961; Chapman, 1998) y juegan múltiples papeles en la fisiología de los insectos como componentes de las membranas subcelulares, precursores de hormonas, constituyentes de la superficie de la cutícula y forma parte de las moléculas transportadoras de lipoproteínas (Downer, 1978; Chapman, 1998). Las vitaminas tienen multitud de funciones y los insectos necesitan las vitaminas hidrosolubles C y B y las vitaminas liposolubles A y E. Mientras que algunos elementos como el nitrógeno, el fósforo y el hierro se pueden obtener de fuentes orgánicas otros elementos esenciales para el crecimiento y la reproducción, como el calcio, el magnesio o el sodio, deben ser obtenidos de fuentes inorgánicas como son los minerales y no pueden ser sintetizados.

Las materias primas a partir de las cuales se formula la dieta de los insectos son principalmente la soja, el maíz, el trigo, la alfalfa, la patata, la zanahoria, la leche, yemas de huevo, levaduras e hígado de vaca, todo ello en diversas formas (seco, entero, en harina, deshidratado, etc.) (Cortés et al., 2016).

En cuanto a la forma de presentación de estos alimentos se encuentran sprays pulverizadores, mezclas semi húmedas, mezclas machacadas (puré), gránulos o extrusionados.

La alimentación, en la mayoría de los casos, no se puede reciclar ni reutilizar, a excepción de alimentos y condiciones ambientales muy secas, ya que se deterioran por los desechos de los insectos y la humedad del ambiente.

Las necesidades de agua suelen ser muy pequeñas ya que la mayoría de los insectos toman el líquido del alimento que consumen mientras que los que necesitan un aporte de agua como tal tienen una necesidad mínima.

#### 5.2.4. Bienestar animal

Las condiciones de cría artificial de los insectos son mucho más similares a las condiciones de desarrollo en su estado natural que las condiciones de cría a las que se ven expuestos otros animales destinados a la producción de alimentos . Esto se debe a que, en general, los insectos están acostumbrados a vivir agrupados en pequeños espacios lo cual evita el estrés derivado de la alta densidad propia de la cría de animales.

Por otro lado, los métodos de sacrificio se basan en el descenso de la temperatura hasta provocar su congelación. Esta práctica busca simular el invierno, estación en la que muchas especies de insectos mueren por las bajas temperaturas o entran en un estado de inactividad. Los insectos entran en hipobiosis y más tarde en un nivel de conciencia similar al coma por lo cual no sufren en el momento de morir congelados. Se cree que este método es mucho menos cruento que las técnicas de sacrificio practicadas en los animales convencionales si bien existe una falta de comprensión de los sistemas de dolor de los insectos o la confirmación de que siquiera existen. La congelación además permite detener la multiplicación de las bacterias presentes en el tracto digestivo de los insectos y la actividad de las enzimas que podrían degradar el organismo, todo lo cual favorece la inocuidad y la preservación de estos productos.

Otro método de sacrificio se basa en la privación de oxígeno pero es un método más cruento y además no permite la conservación del alimento por lo que requiere de un procesado posterior. También se ha barajado la posibilidad del sacrificio con CO<sub>2</sub>, que es un gas que se utiliza para anestesiarse a los insectos.

El incremento de la temperatura también puede servir como método de sacrificio. Es una práctica más cruenta pero presentan ciertas ventajas frente a la privación de oxígeno ya que contribuye a la conservación del insecto al detener las enzimas y la multiplicación bacteriana. Por otra parte las altas temperaturas modifican muchas propiedades del alimento.

#### 5.2.5. Sanidad animal

Los insectos destinados a la producción a gran escala, como todos los animales domesticados y apartados de su hábitat natural, pueden entrar en contacto con patógenos distintos a los que predominan en sus entornos naturales y a los cuales son más sensibles.

Se conocen muchos entomopatógenos utilizados para controlar plagas de insectos en cultivos pero no se conocen en profundidad los patógenos que afectan a los insectos cuando se crían a gran escala. Se sabe que algunos de estos patógenos pueden provocar epidemias y cursar con una alta mortalidad y síntomas muy manifiestos, provocando un descenso significativo de la población. Otros patógenos pueden causar infecciones crónicas o asintomáticas durante un largo periodo de tiempo y provocar efectos subletales que afectan a la salud del insecto y pueden

provocar una reducción de la fertilidad o de la movilidad entre otros efectos (Vega y Kaya, 2012). Tanto las enfermedades letales como las subletales pueden causar serios daños por lo que la monitorización, prevención y control de enfermedades son esenciales. Además, estas enfermedades desarrolladas dentro del sistema de cría podrían diseminarse desde los sistemas de producción a la naturaleza teniendo importantes impactos medioambientales.

Los estudios de los microorganismos patógenos de los insectos están basados principalmente en las dos especies de insectos que se crían a gran escala: la abeja de la miel (*Apis mellifera*) y el gusano de seda (*Bombyx mori*), los cuales tienen un largo historial de domesticación (Bassi, 1835, 1836; James y Li, 2012; Pasteur, 1870).

Sin embargo, para conocer patógenos específicos de los insectos destinados a alimentación se realizó una encuesta (J. Eilenberg y A.B. Jensen, 2014) a los productores de las especies más relevantes a nivel de producción de alimentos. Esta encuesta, cuyos resultados quedan reflejados en la Tabla 2, puso de manifiesto las enfermedades más frecuentes, los patógenos asociados, los efectos en la población y el resultado de las medidas de control. Por ejemplo, en la mosca doméstica (*M. domestica*) y el gusano de la harina (*T. molitor*) las enfermedades son relativamente fáciles de controlar mientras que en el grillo doméstico (*A. domesticus*) las enfermedades víricas en particular son devastadoras y para solucionar los problemas que causan se deben de llevar a cabo acciones drásticas como el cambio de población o de especie a criar (Liu et al., 2011, Weissmann et al., 2012).

**Tabla 2.** Resultados de la encuesta realizada a productores de insectos sobre las enfermedades más frecuentes en insectos destinados a producción masiva y su evolución.

Insecto	Agente causal	Síntomas	Acciones correctoras
<b>Mosca común</b> ( <i>Musca domestica</i> )	Hongos: Entomophthora spp.	Moscas adultas muertas	Limpieza, eliminación de moscas muertas, cuarentena
<b>Mosca negra</b> ( <i>Hermetia illucens</i> )	Ninguno	Ninguno	Ninguna
<b>Grillo común</b> ( <i>Acheta domesticus</i> )	Bacterias spp.	Aumento de la mortalidad, aspecto rosáceo	Limpieza de las jaulas
	Hongos: Metarhizium spp.	Aumento de la mortalidad	Cuarentenas o cría de lote nuevo de animales
	Virus paralizante del grillo (CrPV)	Mortalidad de la totalidad de la población	Cría de lote nuevo o incluso cambio de especie de grillo a criar
<b>Gusano de la harina</b> ( <i>Tenebrio molitor</i> )	Hongo: Beauveria bassiana	Leve mortalidad de la población	Limpieza, eliminación de larvas muertas, cuarentena

Para favorecer un estado sanitario adecuado en las instalaciones de cría de los insectos es conveniente mantener una diversidad genética que permita una mayor resistencia a los microorganismos patógenos. Para introducir nueva genética hay que introducir animales nuevos lo cual conlleva cierto riesgo de introducir nuevas enfermedades por lo que es recomendable la cuarentena de los nuevos insectos. Otra opción es mantener varias líneas paternas diferentes para la reproducción en una misma población.

También es de vital importancia mantener unas condiciones higiénicas mínimas de las instalaciones y realizar un diagnóstico completo de los insectos que hayan muerto por causas desconocidas para aislar y tratar lo antes posible cualquier enfermedad que pueda surgir. Los animales enfermos o sospechosos deben ser eliminados inmediatamente y destruidos.

En cuanto a la manipulación de los insectos para su procesado y conservación debe llevarse a cabo con los mismos niveles de higiene que cualquier otro producto de origen animal para evitar riesgos de contaminaciones que puedan afectar al consumidor. Estas cuestiones se tratarán en el siguiente apartado.

### **5.3. Procesado y conservación**

El procesado de los insectos tras su sacrificio es necesario para asegurar la inocuidad del producto y alargar su vida útil, permitiendo mantener durante más tiempo las propiedades nutricionales y organolépticas del producto.

El formato en el que se va a comercializar el insecto es la primera decisión que se debe llevar a cabo. Se pueden presentar enteros, en polvo o en pasta.

La presentación de los insectos en polvo conlleva una serie de ventajas como su larga vida útil, la posibilidad de mezclarse fácilmente con otros ingredientes, mantienen bien las propiedades nutricionales y organolépticas y es un formato más aceptado que un producto que contenga el insecto entero. Además, los formatos en polvo son fáciles de procesar y manipular y resultan baratos de almacenar y transportar.

La presentación de los insectos en forma de pasta requieren de una pasteurización y a pesar de ello su vida útil es mucho más corta. Estos productos se obtienen mediante el triturado o molienda de insectos que no han sido previamente secados o que tienen un alto contenido de líquido, obteniéndose un producto en forma de pasta o semisólido. La molienda húmeda produce productos más fáciles de manejar y manipular, ya que permite el transporte por medio de conductos, pudiéndose además eliminar la quitina por filtración. Sin embargo este formato tiene mayores riesgos biológicos y por tanto necesita de un manejo más cuidadoso, que implica el uso de equipos más sofisticados y su almacenamiento en refrigeración. Otro inconveniente de este

tipo de productos es que presentan un mayor peso y volumen que los productos deshidratados, lo que dificulta el transporte y almacenamiento.

Los insectos comercializados enteros también tienen su mercado, el cual se irá ampliando previsiblemente a medida que se vaya popularizando el consumo de insectos. Dependiendo de la especie y la fase metamórfica varía su aspecto, textura, sabor y aroma.

Al igual que en cualquier alimento, un aspecto muy importante a considerar durante el procesado es evitar las contaminaciones por microorganismos patógenos y tratar de eliminarlos en caso de que contaminen los productos. Por ello, se utilizan diversos mecanismos para asegurar la inocuidad del producto. Además de para eliminar o disminuir la actividad de los microorganismos patógenos, estos procesos también detienen la acción de los microorganismos que no son patógenos pero que pueden causar alteración y deterioro en el alimento. Las técnicas de control microbiano utilizadas en el caso de los insectos son tratamientos térmicos de esterilización o pasteurización, acidificación o adición de conservantes. Recientemente, también se ha propuesto el procesado de los insectos por tecnologías no térmicas de procesado como las altas presiones o el uso de radiaciones ionizantes (Dossey et al., 2016).

Debido a que los insectos están formados principalmente por proteína, grasa y quitina a veces se utilizan para extraer concentrados de proteínas, extractos de proteína, proteínas, aceites y fibra de la quitina.

Aunque la quitina puede dar problemas de digestibilidad y palatabilidad y, en determinados productos, es recomendable extraerla, se le atribuyen ciertas propiedades antimicrobianas por lo que mantenerla puede representar una ventaja. Si se opta por extraer la quitina, este subproducto puede tener diversos usos (cosméticos, productos para disminuir el colesterol y la obesidad, para purificar agua, como antimicrobiano en comida y otros productos susceptibles de alteraciones, etc.). Actualmente la quitina se extrae únicamente de las gambas, recursos de los océanos que actualmente se encuentran sobreexplotados, por lo que la extracción de la quitina de los insectos podría ayudar a disminuir esta sobreexplotación.

La composición en proteína y grasa de los insectos permite que con ellos puedan elaborarse productos similares a los obtenidos a partir de la carne de los animales de abasto como salchichas, hamburguesas, tacos, etc. ya que su comportamiento es similar al de la carne y proporcionan características organolépticas muy similares.

Otra forma de integrar los insectos en la alimentación es a través de productos de nutrición y dietética destinados a deportistas, gracias al alto contenido en proteína de una mejor calidad que la proteína vegetal y a la facilidad de incluir los insectos en los formatos consumidos por este tipo de mercado como barritas, batidos, etc.

En las Figuras 4, 5 y 6 se pueden observar distintos formatos en los que se pueden comercializar los insectos.



**Figura 4.** Gusanos de la harina.



**Figura 5.** Barritas de harina de insectos, tomates y aceitunas.



**Figura 6.** Piruleta de escorpión con sabor a fresa.

El procesado de los productos derivados de los insectos podría realizarse en las instalaciones de empresas especializadas en el procesado de alimentos, lo que permite un mejor aprovechamiento de las instalaciones y la obtención de productos de alta calidad. Sin embargo, no es una práctica habitual debido a que las empresas están certificadas para producir en exclusiva determinados tipos de productos y existe el temor que esta práctica pueda conllevar la pérdida de clientes debido al procesado en las instalaciones de un producto de un riesgo indeterminado o desconocido. El procesado de los insectos en las propias instalaciones de cría suele conllevar la obtención de productos más heterogéneos y de menor calidad hasta que se consiguen depurar las técnicas de procesado.

Por otro lado, las técnicas de conservación aumentan la vida útil del producto y abaratan los costes de almacenamiento y transporte ya que al eliminar el agua el producto reduce su peso. El secado de los insectos enteros es más problemático ya que la cutícula y el exoesqueleto de los insectos dificultan la evaporación de agua. Por otro lado, el secado de pastas es más sencillo ya que forman una mezcla más homogénea y son más fáciles de manejar y secar. Actualmente, la técnica que más se utiliza para el secado es el tostado. Sin embargo produce múltiples alteraciones en las características físicas y organolépticas del producto. Otro método que podría ser utilizado sería la liofilización pero, aunque es mucho menos agresivo que el primer método, es más caro y requiere de un equipamiento más costoso, por lo que no suele considerarse como la primera opción.

#### 5.4. Aspectos sanitarios de la comercialización

Además de los agentes causantes de enfermedades en los propios insectos, los insectos pueden ser fuente de transmisión de agentes patógenos para el hombre. La salud del consumidor puede verse afectada por riesgos alérgicos, microbiológicos, parasitarios y químicos (Belluco et al., 2013; Van der Spiegel et al., 2013).

No se conocen casos documentados de transmisión de enfermedades microbiológicas o parasitarias a humanos derivados del consumo de insectos (siempre que los insectos hayan sido manipulados en las mismas condiciones higiénicas que cualquier otro alimento). No obstante, pueden producirse alergias comparables a las alergias a los crustáceos (Halloran y Vantomme, 2013), los cuales se consideran filogenéticamente cercanos a los insectos (Pennisi, 2015). Esta alergia es producida por una tropomiosina presente tanto en los crustáceos como en varias especies de insectos (Ayuso et al., 2002; Santos et al., 1999). Estos problemas alérgicos deben evitarse con el etiquetado apropiado de los productos derivados de los insectos, advirtiendo de los posibles efectos anafilácticos del producto.

Para evitar riesgos de transmisión de agentes patógenos hay que tener en cuenta que el sustrato donde se crían los insectos puede ser una fuente de contaminación de los mismos, ya que estos sustratos pueden estar contaminados con bacterias patógenas (principalmente *Salmonella*, *Campylobacter* y *Escherichia coli*). Este aspecto es muy importante en el caso de que los insectos no reciban ningún tratamiento previo a su consumo. Por otra parte, se ha demostrado que los virus patógenos de los insectos son específicos de estos y no afectan a los humanos, sin embargo algunos virus de los vertebrados parecen sobrevivir en el sustrato y podrían ser transmitidos por el consumo de insectos. En los insectos tratados por calor la carga microbiana disminuye notablemente y se pueden aplicar tratamientos de esterilización térmica (van Boekel et al., 2010), o por otras técnicas más novedosas como las altas presiones (Reineke et al., 2012), con objeto de garantizar la inocuidad del producto si las condiciones de manipulación y almacenamiento posteriores a estos tratamientos son adecuadas.

En cuanto a los priones, estos no se pueden replicar en los insectos y, por tanto, los insectos no se consideran como vectores biológicos de ellos si bien es cierto que los insectos puede actuar como vectores mecánicos de los priones para los rumiantes y los humanos si son criados en un sustrato o ambiente en el cual hay priones infecciosos. En general, se considera que el consumo de los insectos alimentados en sustratos de origen no humano ni relacionado con los rumiantes no conlleva ningún riesgo con respecto a las enfermedades priónicas.

Por último, los riesgos de acumulación de contaminantes químicos como metales pesados, micotoxinas, pesticidas, residuos veterinarios y otras sustancias químicas también están muy

relacionados con el sustrato en el que se crían los insectos. Aunque este tema no se ha investigado en profundidad, se considera que los insectos con un ciclo de vida corto tienen menos probabilidades de bioacumulación que los insectos que se crían durante largos periodos de tiempo.

Por lo anteriormente explicado la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) considera el sustrato usado para alimentar a los insectos como el punto crítico de contaminación y se deben evaluar nuevos sustrato, como desechos humanos y orgánicos, y analizar cuál es su riesgo. La manipulación y almacenamiento de los productos también juegan un papel fundamental en la inocuidad de los insectos como alimento.

Por todo ello, la cría de insectos debe realizarse bajo condiciones higiénica y posteriormente se requieren condiciones apropiadas de procesado, manipulación, almacenamiento y distribución similares a las utilizadas en la producción de alimentos convencionales.

Según lo anteriormente expuesto se puede decir que en comparación con los mamíferos y las aves, los insectos pueden plantear un riesgo menor de transmisión de infecciones zoonóticas a los humanos, aunque este tema debe investigarse más a fondo (Halloran y Vantomme, 2013).

### **5.5. Aspectos medioambientales**

Los insectos criados para producir alimentos presentan varias ventajas medioambientales, en comparación con la cría de ganado convencional.

En primer lugar, el área necesaria para la cría de insectos es menor (Oonincx y De Boer, 2012) ya que admiten una mayor densidad de población que en el caso de la ganadería convencional. Por otro lado, los insectos son capaces de metabolizar los desechos orgánicos, al transformar los compuestos nitrogenados en proteínas de alto valor biológico (Van Huis, 2013), lo cual representa una doble ventaja ya que además de no utilizarse los cultivos convencionales para su alimentación pueden contribuir al aprovechamiento de subproductos. En relación al índice de conversión de los insectos, éste es mejor que el de otros animales, probablemente debido a la fisiología poiquiloterma de los insectos, lo que disminuye la cantidad de comida necesaria para su cría. Además, los insectos son capaces de hidratarse a partir del alimento y por tanto no necesariamente requieren agua para beber como tal, lo que disminuye las cantidades de agua necesarias para su cría. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la eficiencia de conversión de la alimentación de los insectos es termodependiente (Roe, Clifford y Woodring, 1985). Si la temperatura es inferior a la óptima, los insectos aumentan la ingesta pero se reduce el índice de conversión. Además, los estados larvarios se alargarán y por tanto durante la cría se utilizará más oxígeno y por tanto se producirá más CO<sub>2</sub> (Booth y Kiddell, 2007). Por tanto, la temperatura de los contenedores de cría debe ser controlada para optimizar la ganancia de peso de los insectos en el

menor tiempo posible, con el mínimo consumo de pienso y la mínima producción de gases. Este control de la temperatura implica un mayor uso de energía comparado con el ganado tradicional que debe contrastarse con el resto de beneficios medioambientales para decidir si realmente los insectos tienen un menor efecto negativo en el medio ambiente con respecto al ganado tradicional.

Además del consumo de agua y alimento, debe considerarse el impacto medioambiental asociado a la producción de gases de efecto invernadero. El ganado convencional es responsable de la producción del 9% de CO<sub>2</sub>, el 35–40% de metano, el 65% de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el 64% de amoníaco (NH<sub>3</sub>) de todas las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad humana (Steinfeld et al., 2006). Algunos análisis y estudios apuntan a que la emisión de estos gases por parte de los insectos es menor que la del ganado convencional, sin embargo, no está del todo comprobado, ya que no se ha llevado a cabo una investigación profunda considerando todo el ciclo productivo de los insectos. Parece ser que los estados larvales y pupales son más contaminantes que las formas adultas (Kane y Breznak, 1991), ya que necesitan más calor, agua y alimentos para su producción a la vez que generan más gases de efecto invernadero, y que hay notables diferencias entre unas especies y otras asociado a las diferentes necesidades de temperatura para su cría (Oonincx et al., 2010). Por ello, se recomienda que las especies de insectos destinadas a producción masiva también se seleccionen en función de su impacto medioambiental.

En cuanto a los insectos recolectados en su medio natural para ser utilizados como alimento, cabe destacar que la entomofagia reduce la necesidad de usar pesticidas, ya que la recolección controlada de estas especies, consideradas en muchos casos plagas para los cultivos, justifica reducir el uso de estos productos. Sin embargo, para la utilización de estos insectos silvestres hay que considerar que se deben proteger tanto las poblaciones de insectos como sus hábitats para evitar amenazar la biodiversidad de esos medios naturales.

### 5.6. Aspectos legales

Desde el 1 de enero de 2018 es de aplicación en todos los Estados miembros de la Unión Europea el Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1852/2001 de la Comisión.

En este Reglamento los “nuevos alimentos” se definen como alimentos que no habían sido consumidos en gran medida por los seres humanos en la UE antes del 15 de mayo de 1997. Los insectos están incluidos en la definición de “nuevo alimento” del nuevo Reglamento, en la

categoría de alimento que consista en animales o sus partes, o aislados de estos o producidos a partir de estos, que las personas no hayan consumido en una medida importante en la UE antes de esta fecha.

Para autorizar la comercialización de los insectos el Reglamento prevé dos tipos de procedimientos aplicables. Uno de ellos es el procedimiento de solicitud de autorización de nuevos alimentos mientras que el otro es un procedimiento de notificación para alimentos tradicionales de terceros países, basado en el historial de uso alimentario seguro en un tercer país, de manera que tales alimentos deben haber sido consumidos en al menos un tercer país durante por lo menos veinticinco años como parte de la dieta habitual de un número significativo de personas. En consecuencia, cualquier operador que quiera comercializar insectos para alimentación humana en la Unión Europea, debe presentar una solicitud de autorización o de notificación, en base a uno de los dos procedimientos. Una vez que la Comisión Europea lo incluya en la lista de la Unión, tal y como prevé el Reglamento, se podrá iniciar su comercialización.

Actualmente ninguna especie de insecto comestible está incluida en la lista positiva de “nuevos alimentos”, pero para los insectos enteros que se comercialicen en los Estados miembros de la Unión Europea que toleran su presencia en el mercado, el Reglamento (UE) 2015/2283 prevé un periodo transitorio en el que se podrán seguir comercializando hasta que se adopte una decisión de conformidad con el procedimiento de autorización de nuevos alimentos o con el procedimiento de autorización de alimento tradicional de terceros países previstos en dicho Reglamento. Es decir, considerando que la legislación anteriormente aplicable a los “nuevos alimentos” no hacía referencia al consumo de insectos, la autorización de su comercialización dependía de cada Estado Miembro. Sin embargo, con la entrada en vigor del Reglamento (UE) 2015/2283, que sí incluye a los insectos en la categoría de “nuevos alimentos”, estos quedan sujetos a la legislación comunitaria quedando aprobado un periodo de tiempo durante el cual los operadores que deseen seguir comercializando sus productos deben llevar a cabo las solicitudes pertinentes para que se incluyan dentro de la lista. Durante este periodo pueden seguir comercializándolos, dependiendo de las decisiones anteriormente contempladas por cada Estado Miembro.

Por otra parte, la Comisión Europea solicitó a la EFSA la revisión de los riesgos microbiológicos, químicos y ambientales asociados con el consumo de insectos y su producción para alimentación humana y animal. En respuesta a esta petición, el 8 de octubre de 2015, EFSA hizo pública su opinión sobre el perfil de riesgo en relación con la producción y el consumo de insectos como alimento y pienso. En este informe la EFSA presenta los potenciales riesgos biológicos y químicos así como la potencial alergenicidad y posibles riesgos medioambientales asociados a los insectos “de granja” usados como alimentos y piensos teniendo en cuenta toda la cadena alimentaria,

desde la granja al producto final. El dictamen de la EFSA tiene el formato de un perfil de riesgo que incluye consideraciones de riesgos asociados con insectos si se usan como alimento y pienso. El informe concluye recomendando que es necesario iniciar investigaciones en los aspectos que originan incertidumbres debido a la falta de información, tales como consumo humano, consumo animal, bacterias, virus, parásitos, priones, alérgenos, riesgos químicos, impacto del procesado así como impacto medioambiental de los sistemas de producción de insectos.

Para un mayor conocimiento de los riesgos que pueda plantear el consumo de estos nuevos alimentos “insectos”, esta Agencia ha solicitado a su Comité Científico una evaluación de los riesgos microbiológicos asociados al consumo de insectos, que se está elaborando en la actualidad.

## 5.7. Encuesta

A través de la red social Facebook se distribuyó una encuesta a partir de la cual se pretendía hacer un sondeo sobre la información que posee la sociedad española sobre la entomofagia como práctica alimentaria y conocer la aceptación que el consumo de insectos tendría en esta población.

En las Figuras 7, 8 y 9 se pueden observar los resultados de los diferentes apartados de dicha encuesta, cuya estructura puede consultarse en el Anexo.

### 5.7.1. Datos personales de los encuestados

A la encuesta respondieron un total de 224 personas, la mayoría mujeres (68,3%), principalmente de entre 18-35 años (71%) y 35-60 años (28%).

El 87% de los encuestados tenía estudios superiores (grados o licenciaturas universitarios o grados superiores).

El 51% de los encuestados vivían en poblaciones de entre 100.000 y 1.000.000 habitantes, un 19% en poblaciones de entre 10.000 y 100.000 habitantes, un 14,5% en poblaciones mayores de 1.000.000, un 12% en poblaciones de entre 1.000 y 10.000 habitantes y solo un 3,5% vivía en poblaciones menores de 1.000 habitantes.

Por otro lado, los ingresos mensuales de los encuestados varían mucho, si bien el 73% cobraba más de 2.000 euros/mes y solo el 4,5% cobraba menos de 1.000 euros/mes.

Estos datos generales permiten identificar el tipo de perfil del consumidor que está siendo encuestando. Son personas mayores de edad, la mayoría en edad laboral, con estudios superiores, que residen en metrópolis y tienen unos ingresos que los ubican en la clase media de la sociedad española.

Además, para permitir evaluar la opinión de los potenciales consumidores se dividió a los encuestados en tres grupos en función de sus preferencias en cuanto a la dieta; según si seguían una dieta vegana (4,9%), vegetariana (8,9%) o que incluía productos de origen animal (86,2%).

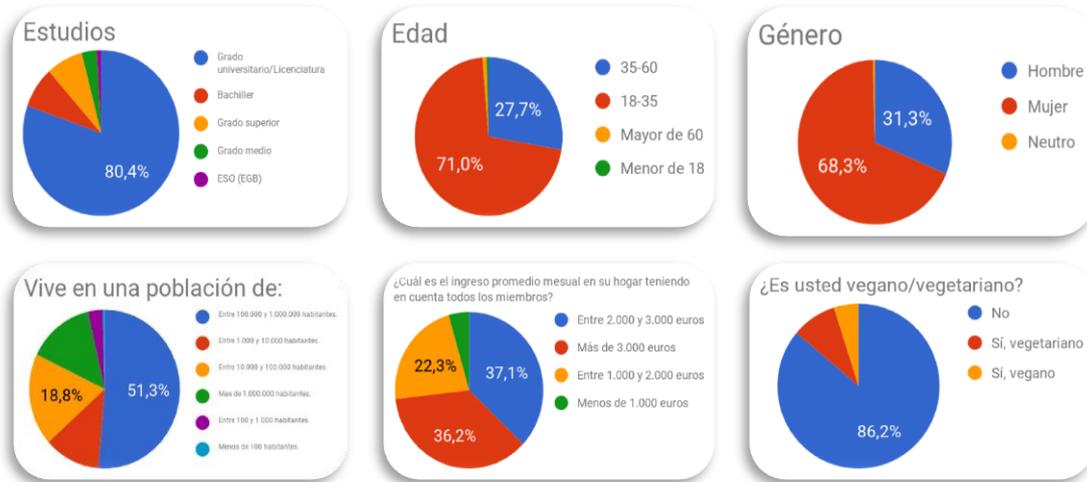


Figura 7. Resultados de la encuesta: Datos personales de los encuestados.

### 5.7.2. Conocimientos generales sobre la entomofagia

La mayoría de los encuestados (87,1%) asoció el término entomofagia con insectos frente a un 8% que lo asoció al canibalismo y un 3,1% que lo hizo al vino. Fuera de las respuestas prefijadas una minoría asoció la entomofagia a otros términos como gases, jerga médica o ingesta de alimentos. Sorprende que aunque un 87,1% asocia el término entomofagia a los insectos solo un 82,1% afirma conocer la existencia de esta práctica en la segunda pregunta.

De ese 82,1% que conocía la existencia de la entomofagia, un 45,7% la conocía a través de la televisión seguido por internet (19%), experiencias de personas cercanas (14,7%) y artículos de revistas/periódicos (12%). Un grupo minoritario (6,5%) conocía la entomofagia a través de experiencias propias.

Un 55,4% era consciente de que se había planteado la entomofagia como solución al hambre en los países menos desarrollados mientras que un 44,6% lo desconocía. Sin embargo, en mayor proporción (57,1%) se considera la producción de insectos para alimentación interesante como forma de sustituir la carne animal como fuente de proteína en un futuro próximo, tanto en los países menos desarrollados como en los desarrollados, frente a un 24,6% que lo rechaza y un 18,3% que no tienen una opinión forjada al respecto.

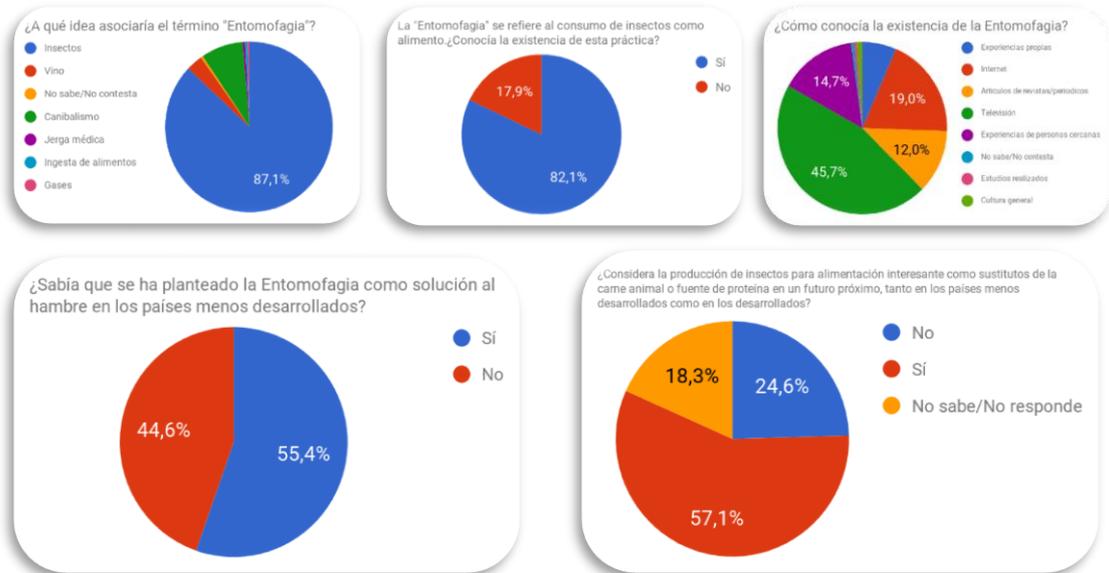


Figura 8. Resultados de la encuesta: Conocimientos generales sobre la entomofagia.

### 5.7.3. Opinión personal sobre la entomofagia

En este apartado se aplica la división entre los tres grupos teniendo en cuenta su dieta.

Entre el grupo de personas que consumen productos de origen animal en su dieta un 56% estaría dispuesto a probar la experiencia de consumir insectos frente a un 44% que no lo haría, en su gran mayoría (96,5%) debido al rechazo físico que le produce el producto.

En el grupo de los veganos un 23,3% consideraría incluir los insectos en su dieta mientras que un 72,7% no lo haría, la mayoría (87,5%) debido a que consideran a los insectos al mismo nivel que cualquier ser vivo productor de proteína animal mientras que un 12,5% no lo haría debido al rechazo físico que le produce el producto.

En el grupo de los vegetarianos un 10% consideraría incluir los insectos en su dieta mientras que un 90% no lo haría, la mayoría (61,1%) debido a que consideran a los insectos al mismo nivel que cualquier ser vivo productor de proteína animal mientras que un 27,8% no lo haría debido al rechazo físico que le produce el producto, un 5,6% debido a que no están interesados en probar experiencias culinarias nuevas y otro 5,6% ya que considera que no es necesario introducir nuevas especies animales productoras de alimento en el mercado.

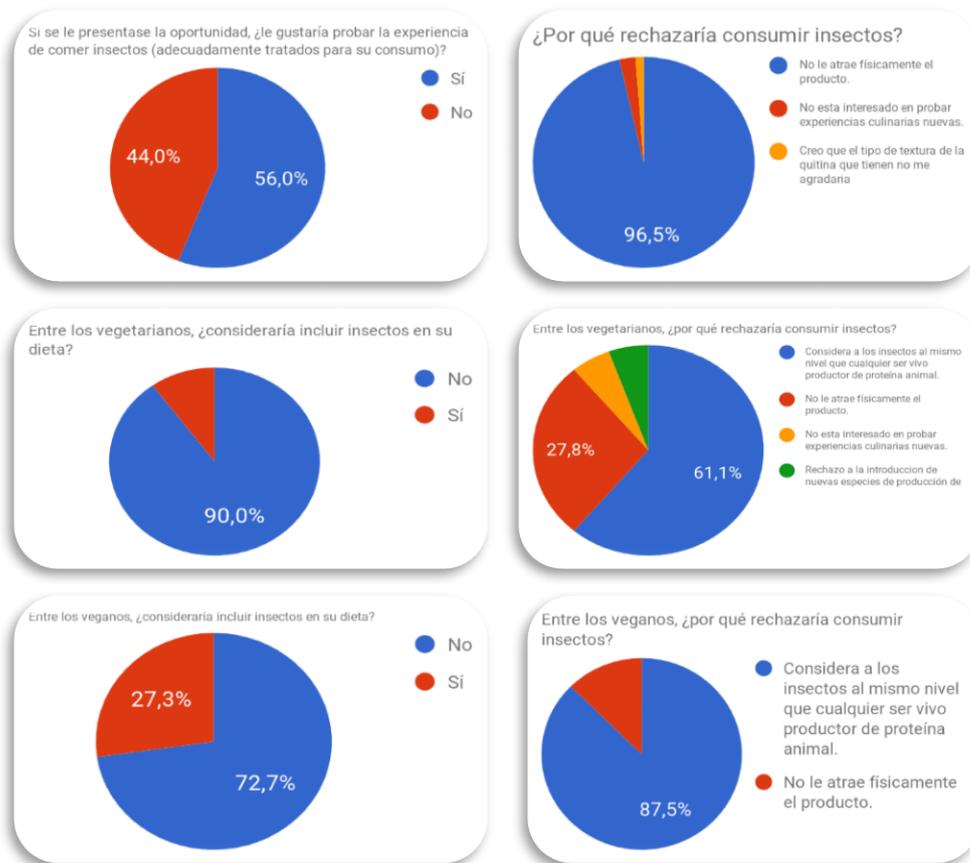


Figura 9. Resultados de la encuesta: Opinión personal sobre la entomofagia.

#### 5.7.4. Resultados y conclusiones

Estos resultados reflejan por una parte que, aunque mucha gente conoce la existencia del consumo de insectos como alimento, un gran porcentaje no los considera como una fuente de proteína que pueda incluirse en la dieta. Por tanto queda patente que la información sobre las ventajas que conlleva el consumo de insectos es escasa entre la población.

Por otra parte se pone de manifiesto que estos productos no son bien aceptados en la sociedad española. Este rechazo del consumo de insectos se debe en su mayoría, entre las personas con una dieta en la que se incorporan productos animales, al aspecto físico del producto final. Entre la población vegana/vegetariana el rechazo hacia estos productos viene determinada por la propia idiosincrasia de la dieta.

Por todo ello se puede concluir que para conseguir la aceptación del producto es necesario llevar a cabo una campaña de información dirigida al público en general sobre las ventajas de la entomofagia y encontrar formas de presentación del producto que se adapten de una forma más adecuada a lo que el consumidor occidental espera y acepta, como pueden ser productos molidos o en forma de alimentos que incorporen los insectos como un ingrediente.

## 6. Conclusiones

### 6.1. Conclusiones

Tras la recopilación de información de distintas fuentes y la realización de esta revisión bibliográfica se puede afirmar que el consumo de insectos en la dieta presenta múltiples ventajas nutricionales, medioambientales y sanitarias y que, por tanto, los insectos son una potencial fuente de alimento que debe ser tenida en cuenta para su utilización y consumo en un futuro próximo. En primer lugar, las ventajas nutricionales se deben al buen perfil nutritivo de este producto, rico en aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados así como micronutrientes y vitaminas. En segundo lugar, parece ser que la cría de insectos es más respetuosa con el medioambiente que la cría de animales tradicionales, debido a que emiten menos gases contaminantes y requieren menos energía y consumo de agua.

Finalmente, los riesgos sanitarios de estos productos parecen ser menores que aquellos derivados de animales tradicionales.

En cualquier caso hay que remarcar que estas conclusiones pueden estar condicionadas. En la práctica totalidad de las fuentes de información consultadas se indica la necesidad de realizar más experimentos y ensayos, ya que las investigaciones en este campo son escasas e insuficientes y, por tanto, los resultados muy sesgados debido a la escasez de estudios sobre un mismo tema y la gran cantidad de especies que pueden ser consumidas.

Por ello, aunque en un principio parece que la producción de insectos para el consumo humano puede conllevar múltiples beneficios es necesario llevar a cabo muchas más investigaciones para poder afirmar categóricamente todo lo anteriormente indicado.

Por otra parte, hay que tener en cuenta los resultados derivados de la realización de la encuesta. Estos resultados reflejan la poca aceptación que el consumo de insectos tiene en el mercado español, y presumiblemente en la mayoría de las sociedades occidentales. Este rechazo que producen los insectos a la hora de ser consumidos condiciona mucho su producción ya que sin un mercado al que dirigir el producto no es rentable producir este tipo de alimentos. Es, por tanto, necesario llevar a cabo campañas de información sobre los beneficios de estos alimentos además de desarrollar formas de presentación más atractivas y adecuadas a lo que el consumidor está dispuesto a adquirir.

## 6.2. Conclusions

After the different sources compilation and the literature revision it can be said that insect consumption brings several environmental, health and legal advantages and thus, insects are proved to be a potential source of food, which have to be considered for being used and consumed in a short term.

Firstly, the nutritional advantages are due to the high nutritive trait of this product, rich in essential aminoacids and fatty polyunsaturated acid as well as in micronutrients and vitamins.

Secondly, it seems that insects production is more eco-friendly than habitual animals production because of the lowest contaminant gasses emission and because it demands less energy and water consumption.

Finally, it also seems that the health risks derivate from these products are minor in comparison with those from traditional animals.

In any case it should be remarked this conclusions could be biased. Just all the information sources advised about the need for further experiments and tests due to the scarcity as well as poor research in this field, Thus, there are a skewed of results due to the insufficient studies on the same theme and the great number of edible species.

So, although originally the insects production for human consumption seems entailing a lot of benefits, it is required further research in order to conclude emphatically all above mentioned.

Furthermore, the results obtained from the survey have to be taken into account. These results reflect the poor acceptance of insect consumption in the Spanish market as well as, likely, in all the westernized market. This rejection regarding insect consumption constrains its production because of its poor profitability. Therefore, information campaigns highlighting the benefits of this food have to be carried out as well as develop new presentation forms which make it more attractive and appropriated to the consumer acquisition habits.

## 7. Valoración personal

Personalmente creo que el tema escogido para mi Trabajo de Fin de Grado ha sido muy acertado ya que es un tema de gran actualidad.

Me ha resultado relativamente fácil implicarme con el proyecto ya que el tema de la alimentación y la Tecnología de los Alimentos es algo que me interesa desde un punto de vista profesional. Por ello, los apartados más relacionados con Bioquímica o Bromatología me han resultado más atractivos que aquellos relacionados, por ejemplo, con la Sanidad.

Desde un punto de vista más personal la búsqueda de fuentes de alimento alternativas, más nutritivas y ecológicas, me parece de vital importancia ya que la población mundial no deja de crecer y los recursos alimenticios no van a ser capaces de abastecerla.

Por último, a modo de reflexión sobre la finalidad de la realización del TFG, creo que este trabajo sirve para reflejar que durante la carrera hemos aprendido a recopilar y contrastar información. Muchas veces los trabajos individuales son demasiado cortos para ser representativos y reflejar la capacidad de llevar a cabo estas actividades y los trabajos en grupo, aunque de gran interés, pueden no demostrar el esfuerzo individual de cada uno de los componentes. Por tanto este sistema permite evaluar la capacidad individual para analizar e integrar información de forma autónoma.

## 8. Bibliografía

### Incluida en el texto

- Charlton, A.J., Dickinson, M., Wakefield, M.E., Fitches, E., Kenis, M., Han, R., Zhu, F. et al (2015). Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 7-16.
- Cortes Ortiz, J.A., Ruiz, A.T., Morales-Ramos, J.A., Thomas, M., Rojas, M.G., Tomberlin, J.K., Yi, L. et al. (2016). Insect Mass Production Technologies. En Dossey, A.T., Morales-Ramos, J.A. and Guadalupe Rojas, M. (Eds.), *Insects as Sustainable Food Ingredients* (pp. 153-201). Oxford: Elsevier.
- Dossey, A.T., Tatum, J.T. and McGill, W.L.. (2016). Modern Insect-Based Food Industry: Current Status, Insect Processing Technology, and Recommendations Moving Forward. En Dossey, A.T., Morales-Ramos, J.A. and Guadalupe Rojas, M. (Eds.), *Insects as Sustainable Food Ingredients* (pp. 113–152). Oxford: Elsevier.
- Eilenberg, J., Vlaskovits, J.M., Nielsen-LeRoux, C., Cappellozza, S. and Jensen, A.B. (2015). Diseases in insects produced for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(2), 87-102.
- Evans, J., Alemu, M.H., Flore, R., Frøst, M.B., Halloran, A., Jensen, A.B., Maciel-Vergara, G. et al. (2015). 'Entomophagy': an evolving terminology in need of review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 293-305.
- Finke, M.D., Rojo, S., Roos, N., van Huis, A. and Yen, A.L.. (2015). The European Food Safety Authority scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 245-247.
- Halloran, A and Vantomme, P.. (2013). La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/018/i3264s/i3264s00.pdf>
- Pimenta de Castro de Souza Coutinho, J.M.. (2017). *Insects as a legitimate food ingredient: barriers & strategies*. (Master thesis). Escola brasileira de administração pública e de empresas, Rio de Janeiro.
- Rumpold, B.A. and Schlüter, O.K.. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 1–11.
- Van Huis, A., Dicke, M. and van Loon, J.J.A.. (2015). Insects to feed the world. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 3-5.
- Yen, A.L. (2015). Foreword: Why a Journal of Insects as Food and Feed?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 1-2.
- Yen, A.L. (2016). What is traditional?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(2), 67-68.
- REGLAMENTO (UE) 2015/2283 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) no 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) no 258/97 del Parlamento Europeo

y del Consejo y el Reglamento (CE) no 1852/2001 de la Comisión. Diario Oficial de la Unión Europea. Estrasburgo, Francia, 25 de noviembre de 2015.

- SITUACIÓN DE LOS INSECTOS EN ALIMENTACIÓN HUMANA. Aprobado en la Comisión Institucional de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN). Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Madrid, España, 21 marzo de 2018.

### Consultada y no incluida en el texto

- Chavarrias, M. (2015, 18 de febrero). *Consumo de insectos, ¿qué riesgos conllevaría?*. Extraído el 21 de febrero de 2018 desde <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2015/02/18/221464.php>.
- Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A. and Heinz, V.. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 137, 741-751.
- Tomberlin, J.K., van Huis, A., Benbow, M.E., Jordan, H., Astuti, D.A., Azzollini, D., Banks, I. et al. (2015). Protecting the environment through insect farming as a means to produce protein for use as livestock, poultry, and aquaculture feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 307-309.
- Yen, A.L. (2015). Can edible insects help alleviate the bushmeat crisis?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 169-170.

### Figuras y tablas

- **Figura 1 y 5.** *Don grillo. Insectos comestibles*. Extraído el [28 de abril de 2018] desde <https://www.insectoscomestibles.es/>
- **Figura 2.** Rumpold, B.A. and Schlüter, O.K.. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 1–11.
- **Figura 3.** Cortes Ortiz, J.A., Ruiz, A.T., Morales-Ramos, J.A., Thomas, M., Rojas, M.G., Tomberlin, J.K., Yi, L. et al. (2016). Insect Mass Production Technologies. En Dossey, A.T., Morales-Ramos, J.A. and Guadalupe Rojas, M. (Eds.), *Insects as Sustainable Food Ingredients* (pp. 153-201). Oxford: Elsevier.
- **Figura 4 y 6.** *Europe Entomophagie*. Extraído el [28 de abril de 2018] desde <http://www.europe-entomophagie.com/es/>.
- **Tabla 1.** Halloran, A and Vantomme, P.. (2013). La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/018/i3264s/i3264s00.pdf>
- **Tabla 2.** Eilenberg, J., Vlak, J.M., Nielsen-LeRoux, C., Cappellozza, S. and Jensen, A.B. (2015). Diseases in insects produced for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(2), 87-102.

## 9. Anexo: Cuestionario

Conocimiento generales sobre la entomofagia				
1. ¿A qué idea asociaría el término "Entomofagia"?	Vino	Insectos	Canibalismo	Otro:
2. La "Entomofagia" se refiere al consumo de insectos como alimento. ¿Conocía la existencia de esta práctica?	Sí		No (pasa a pregunta 4)	
3. ¿Cómo conocía la existencia de la Entomofagia?	Internet	Televisión	Radio	Artículos de revistas/ periódicos
	Experiencias propias	Experiencias de personas cercanas		Otro:
4. ¿Sabía que se ha planteado la Entomofagia como solución al hambre en los países menos desarrollados?	Sí		No	
5. ¿Considera la producción de insectos para alimentación interesante como sustitutos de la carne animal o fuente de proteína en un futuro próximo, tanto en los países menos desarrollados como en los desarrollados?	Sí	No	No sabe/No responde	
Datos personales de los encuestados				
6. Género	Hombre	Mujer	Otro	
7. Edad	Menor de 18	18-35	35-60	Mayor de 60
8. Estudios	Primaria	ESO (EGB)	Bachiller	
	Grado medio	Grado superior	Grado universitario/Licenciatura	
9. ¿Cuál es el ingreso promedio mensual en su hogar teniendo en cuenta todos los miembros?	Menos de 1.000 euros	Entre 1.000 y 2.000 euros.	Entre 2.000 y 3.000 euros.	Más de 3.000 euros.
10. Vive en una población de:	Menos de 100 habitantes.	Entre 100 y 1.000 habitantes.	Entre 1.000 y 10.000 habitantes.	
	Entre 10.000 y 100.000 habitantes.	Entre 100.000 y 1.000.000 habitantes.	Más de 1.000.000 habitantes.	
11. ¿Es usted vegano/vegetariano?	No (pasa a pregunta 16)	Si, vegano (pasa a pregunta 12)	Sí, vegetariano (pasa a pregunta 14)	

Opinión personal sobre la entomofagia		
12. ¿Consideraría incluir insectos en su dieta?	Sí (fin )	No
13. ¿Por qué rechazaría consumir insectos?	Considera a los insectos al mismo nivel que cualquier ser vivo productor de proteína animal.	No está interesado en probar experiencias culinarias nuevas.
	No le atrae físicamente el producto.	Otro:
14. ¿Consideraría incluir insectos en su dieta?	Sí (fin )	No
15. ¿Por qué rechazaría consumir insectos?	Considera a los insectos al mismo nivel que cualquier ser vivo productor de proteína animal.	No está interesado en probar experiencias culinarias nuevas.
	No le atrae físicamente el producto.	Otro:
16. Si se le presentase la oportunidad, ¿le gustaría probar la experiencia de comer insectos (adecuadamente tratados para su consumo)?	Sí (fin )	No
17. ¿Por qué rechazaría consumir insectos?	No está interesado en probar experiencias culinarias nuevas.	
	No le atrae físicamente el producto.	Otro: