

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES



TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Curso 2015-16

Modalidad: Revisión bibliográfica



Título

Estado del conocimiento de los insectos como alimento: evolución y situación actual

María Rodríguez Montero *Autor*

Fernando García Barroso *Tutor*

Tomás Martínez Moya *Cotutor*

ÍNDICE

Resumen y palabras clave	4
Abstract and keywords	4
1. Introducción	5
A. Impacto de la ganadería intensiva y la pesca en el medio ambiente:	8
B. Estado actual de la legislación	12
Legislación europea	12
Legislación estadounidense y canadiense	14
2. Objetivos	14
3. Material y métodos	15
A. Recopilación de datos: búsqueda bibliográfica	15
B. Ordenación de los datos:	15
C. Fases del proyecto y cronograma	16
4. Revisión bibliográfica	16
A. Visión general	16
A. Composición nutricional de los insectos	19
B. Entomofagia	30
C. Producción animal: piensos basados en insectos	35
5. Conclusiones	43
6. Índice de figuras	44
7. Bibliografía	45

Resumen y palabras clave

El rápido incremento de la población mundial está produciendo una mayor demanda de alimentos que se traduce en una mayor explotación de unos recursos naturales cada vez más escasos que no pueden hacer frente al alto nivel de explotación al que son sometidos. Es por esto que es necesario buscar otras fuentes de alimento así como conseguir que las actuales sean más medioambientalmente sostenibles sin dejar de garantizar la seguridad alimentaria. Para ello se están realizando diversos estudios para conocer la viabilidad de los insectos como parte directa de nuestra dieta, entomofagia, o como alimento para el ganado o la acuicultura. En este artículo se ha realizado un recorrido por la literatura científica relacionada con este tema, desde sus inicios hasta la actualidad, para conocer su evolución temporal y geográfica. Los artículos analizados se han dividido en tres bloques claramente diferenciados: composición nutricional, entomofagia y producción animal. Esto ha permitido obtener una visión global de la situación actual del uso de insectos como alimento.

Palabras clave: Insectos como alimento, Entomofagia, Piensos animales, Proteínas, microganaderías, Seguridad alimentaria,

Abstract and keywords

The rapid increase in world population is producing an increased demand of food resulting in a greater exploitation of natural resources that are dwindling and can't assume the high demand. That is why it is necessary to look for other food resources and ensure that current ones become more environmentally sustainable while they keep the food security. Several studies are underway to determine the feasibility of insects as food, entomophagy, or as a feed for livestock or aquaculture. In this article has made an analysis of all the scientific literature related to this topic, from its beginnings to the present day, in order to know its temporal and geographical evolution. The articles analyzed have been divided into three distinct topics: nutritional composition, entomophagy and animal production. This has led to a comprehensive overview of the current use of insects as food and feed.

Key words: Insects, Entomophagy, food, feed, protein, microlivestock, Food security.

1. Introducción

Desde que el entomólogo británico Vincent M. Holt lanzará por primera vez en la historia un manifiesto en pro del consumo de insectos titulado “¿Por qué no comer insectos?” han pasado exactamente 130 años y su mensaje empieza a ser visible a nivel mundial debido al aumento de la población y a los problemas sociales, económicos y medioambientales que esto conlleva. La población mundial alcanza ya los 7 mil millones de habitantes y se estima que para 2020 se alcancen los 8 mil millones siendo Asia y África los continentes que concentran la mayor parte de la población (U.S. Census Bureau, 2012), este aumento se traduce en una mayor demanda de alimentos. Este aumento de la demanda de alimentos unido a la desigual distribución de los recursos hídricos y al aumento de los impactos del cambio global ponen en grave riesgo la seguridad alimentaria mundial y hace necesario un desarrollo de nuevas técnicas para mejorar la eficiencia en la producción de alimentos para la obtención de proteínas. Se define la seguridad alimentaria como:

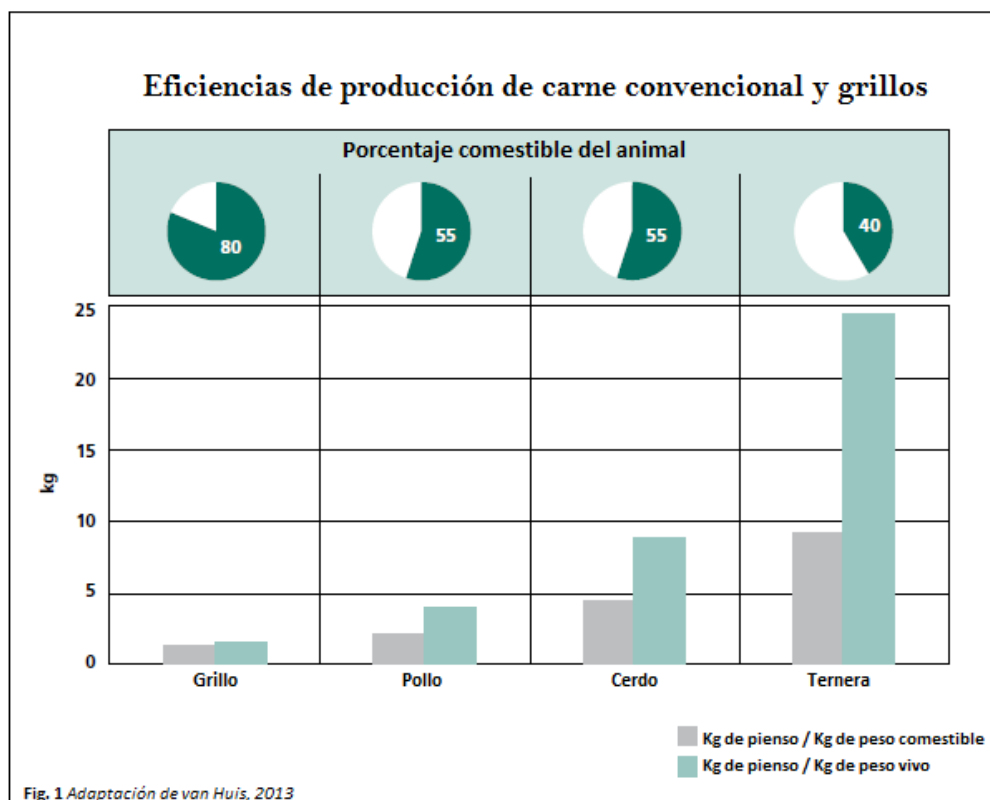
“Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a alimentos a fin de llevar una vida activa y sana” (Cumbre Mundial de la Alimentación, 1996).

Por otro lado, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), estamos ante una bajada en la producción agrícola así como en las pesquerías debido a los impactos provocados por el cambio global (Porter, 2014). Ambos factores, el aumento de la población mundial y los efectos del cambio global, llevan a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (a partir de ahora FAO) en 2013 a promover el uso de insectos a nivel mundial como fuente de alimento y como recurso en la producción de piensos para salvaguardar la inseguridad alimentaria de las próximas décadas. Aunque los insectos ya son un alimento común en la dieta del 80% de la población mundial en términos de densidad demográfica la cual se concentra en África, Sud-América y Asia, se está viendo como en los últimos años la entomofagia, que así es como se conoce a la práctica que consiste en comer insectos, se está abriendo paso en el resto de países del mundo.

Las razones que promueve la FAO para defender el consumo de insectos son principalmente tres:

- ❖ Sanitarias:

- Los insectos son saludables, alternativas nutritivas a las materias primas convencionales como el pollo, cerdo, ternera o incluso pescado (proveniente de la pesca).
 - Muchos insectos son ricos en proteínas y grasas insaturadas, y tienen alto contenido en calcio, hierro y zinc.
 - Forman parte de la dieta tradicional de muchas culturas.
- ❖ Medioambientales:
- La producción de insectos como alimento emite considerablemente menos gases de efecto invernadero que otras ganaderías, como se va a ver reflejado más adelante en la Fig. 2. El metano por ejemplo es producido solo por algunos grupos de insectos como las termitas y las cucarachas).
 - La cría de insectos no está ligada necesariamente a la ocupación de grandes hectáreas de terreno y no requiere el aclareo ni desmonte del terreno para aumentar la producción. El único requisito imprescindible es que haya alimento.
 - Las emisiones de amoníaco asociadas a la crianza de insectos están muy por debajo de las causadas por la ganadería convencional, como puede ser la porcina.
 - Debido a que son animales de sangre fría, son muy eficientes en la conversión del alimento a proteína (Fig. 1)
 - Pueden ser alimentados con los residuos orgánicos de la agricultura o la industria alimentaria.



❖ Económicas:

- Su crianza y recolección no requiere maquinaria de alta tecnología por lo que no requiere altos ingresos de capital. Esto favorece la entrada en el sector de sectores pobres de la sociedad así como aquellos que no tengan acceso a hectáreas de terreno.
- Las microganaderías, como se les considera a los insectos, ofrecen oportunidades tanto en el medio rural como urbano.
- Dependiendo del nivel de inversión pueden ser ganaderías muy sofisticadas con alta tecnología o de baja tecnología. (van Huis, 2013a).

Según Raubenheimer (2013) se consumen más de 2000 especies de insectos en todo el mundo, la mayoría en países en vías de desarrollo. Sin embargo en los países occidentales existe un cierto rechazo, a pesar de que en la dieta occidental se consume habitualmente otros animales como los crustáceos que tienen cierto parecido con los insectos y que además poseen hábitos carroñeros, así como los moluscos de aspecto blando y gelatinoso. Esto se debe a que los seres humanos tendemos a rechazar los alimentos nuevos, especialmente si son de origen animal, esto se conoce como neofobia (van Huis, 2013b). Lo cierto es que muchos de los alimentos que consumimos contienen trazas de insectos y está contemplada por ley una cantidad mínima admisible. Según la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA a partir de ahora) en su informe sobre “los niveles permitidos de defectos naturales o inevitables en alimentos, cuyo consumo no implica daño a la salud los alimentos” pueden incluir, por ejemplo, la presencia de artrópodos o partes de ellos. Por ejemplo puede haber hasta veinte huevos de la mosca drosófila en un vaso de zumo de tomate, 75 trozos de insectos en 55 mililitros de chocolate caliente, 50 fragmentos de insectos en 100 gr de manteca de cacahuete, y la harina de trigo incluye 75 fragmentos por cada 50 gramos. La legislación del organismo europeo equivalente es similar al estadounidense (Fda.gov, 2015).

Muchos autores consideran que si la entomofagia no ha funcionado en occidente es debido a que en esas latitudes los insectos no son tan abundantes todo el año (Raubenheimer y Rothman, 2013 y van Huis, 2003). Otros autores recalcan además que el éxito de los insectos en Centroamérica y Sudamérica se cree que es debido a que los habitantes de este continente antes de la conquista española no tenían ganado (van Itterbeeck y van Huis, 2012).

En Europa hay varias citas sobre entomofagia en la cultura gastronómica de algunos pueblos o como casos puntuales como la solución a problemas como plagas pero estos casos actualmente caen en la ilegalidad. Algunos de estos ejemplos son las larvas de *Piophilidae casei* en la isla italiana de Cerdeña, estas larvas se consumen en un queso típico llamado Casu Marzu que tiene la peculiaridad de fermentar gracias estas larvas y que se sirve con algunas vivas. Actualmente no está permitida su

venta de forma legal (Paoletti, 2005). Otro ejemplo es la larva de *Thaumetopoea processionea* (procesionaria del pino) en Países Bajos (van Huis, 2003) que fue un caso puntual en el que un restaurante la incluyó en su menú a raíz del repunte en la plaga de este lepidóptero ocurrido en 1995 y 1996.

Pero parece que en los últimos años se está viviendo un cambio en la actitud de la sociedad occidental y eso se refleja en la legislación como veremos a continuación, se empiezan a ver muchos portales de internet e incluso cadenas de supermercados de EU y EEUU que comercializan platos cuya fuente de proteína se basa en estos animales.

A. Impacto de la ganadería intensiva y la pesca en el medio ambiente:

La producción de alimentos de origen animal se ha convertido en la actualidad en algo excesivamente caro económica y ambientalmente. Esta situación viene provocada principalmente por el incremento de la demanda de alimentos de origen animal por parte de una población que no para de crecer y que además ha cambiado sus hábitos alimenticios hacia un consumo mayor de este tipo de alimentos (figuras 2 y 3). La demanda global de productos cárnicos va a incrementarse un 58% entre 1995 y 2020: el consumo de carne va a incrementarse desde 233 millones de toneladas en el 2000 a aproximadamente 300 millones de toneladas en 2020 y el consumo de lácteos va a incrementarse desde 568 a 700 millones de toneladas para 2020 y el consumo de huevos lo hará en un 30% (Steinfeld et. al., 2006)

Figura 2. Proyección del consumo de carne y lácteos

	2010	2020	2030	2050	2050/2010
	(millones de toneladas)				
MUNDO					
Total carne	268,7	319,3	380,8	463,8	173%
Carne de bovino	67,3	77,3	88,9	106,3	158%
Carne de oveja	13,2	15,7	18,5	23,5	178%
Carne de cerdo	102,3	115,3	129,9	140,7	137%
Carne de aves de corral	85,9	111	143,5	193,3	225%
Lácteos sin mantequilla	657,3	755,4	868,1	1038,4	158%
PAÍSES EN DESARROLLO					
Total carne	158,3	200,8	256,1	330,4	209%
Carne de bovino	35,1	43,6	54,2	70,2	200%
Carne de oveja	10,1	12,5	15,6	20,6	204%
Carne de cerdo	62,8	74,3	88	99,2	158%
Carne de aves de corral	50,4	70,4	98,3	140,4	279%
Lácteos sin mantequilla	296,2	379,2	485,3	640,9	216%

Fuente: FAO, 2012

Figura 3. Proyecciones del consumo de productos pecuarios según las estimaciones de población de 2002, por miles de millones de personas

	2010	2020	2030	2050	2050/2010
	<i>(millones de millones)</i>				
Población humana	6,83	7,54	8,13	8,91	
	<i>(Consumo, en millones de toneladas por miles de millones de personas)</i>				
Carne de bovino	9,85	10,25	10,93	11,93	121%
Carne de oveja	1,94	2,08	2,28	2,64	136%
Carne de cerdo	14,98	15,29	15,98	15,79	105%
Carne de aves de corral	12,58	14,72	17,65	21,69	173%
Lácteos sin mantequilla	96,24	100,19	106,77	116,55	121%

Fuente: FAO, 2012

En la producción de piensos para uso pecuario una parte importante de la proteína apta para consumo humano es destinada a la producción de piensos, por ejemplo en 2006 se estimó que se destinaban 77 millones de toneladas de proteínas aptas para consumo humano y que la ganadería suministraba 58 millones de proteínas comestibles lo que supone una pérdida de 19 millones de proteínas (Steinfeld, 2006).

Según un informe de la FAO (FAO, 2004) las principales formas de contaminación asociadas a la ganadería intensiva son:

- Eutrofización de las aguas superficiales por la adicción de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes dañando así humedales y ecosistemas de ribera dando lugar a “blooms” de algas que provocan la anoxia en los sistemas acuáticos, matando a la vida acuática.
- Lixiviado de nitratos y patógenos a las aguas subterráneas.
- Acumulación de un exceso de nutrientes y metales pesados en el suelo, dañando la fertilidad del suelo, disminuyendo así la disponibilidad de tierras cultivables ya de por sí escasas por el crecimiento demográfico, el aumento de la demanda de alimentos y la conversión a otros usos.
- Contaminación de los recursos hídricos y edafológicos con patógenos. Esto puede ser consecuencia de la ruptura del ciclo del reciclaje de los nutrientes.
- Liberación de amoníaco, metano y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera. Estos gases contribuyen a la lluvia ácida que dañan los cultivos y ecosistemas naturales.
- Destrucción de ecosistemas frágiles como humedales y arrecifes de coral.

En relación con la producción de gases de efecto invernadero y amoníaco en la Fig. 4 se describen los valores de dichos gases en relación a la producción de un kilogramo de cinco especies diferentes de insectos, cerdos y ganado vacuno (FAO, 2004). En esta figura llama la atención los altos niveles de metano que produce la especie *Pachnoda marginata*, un coleoptero cuyas larvas se alimentan de celulosa y uno de los productos de desecho en la digestión de este polímero es el metano. No

es de extrañar que ocurra lo mismo con los isópteros que se alimentan casi exclusivamente de celulosa.

Figura 4. Producción de CH₄, N₂O, CO₂ equivalente y NH₃ (promedio ± desviación estándar) por kilogramo de masa ganada (m.g.) para cinco especies de insectos, cerdos y ganado vacuno. (N/A = dato no disponible)

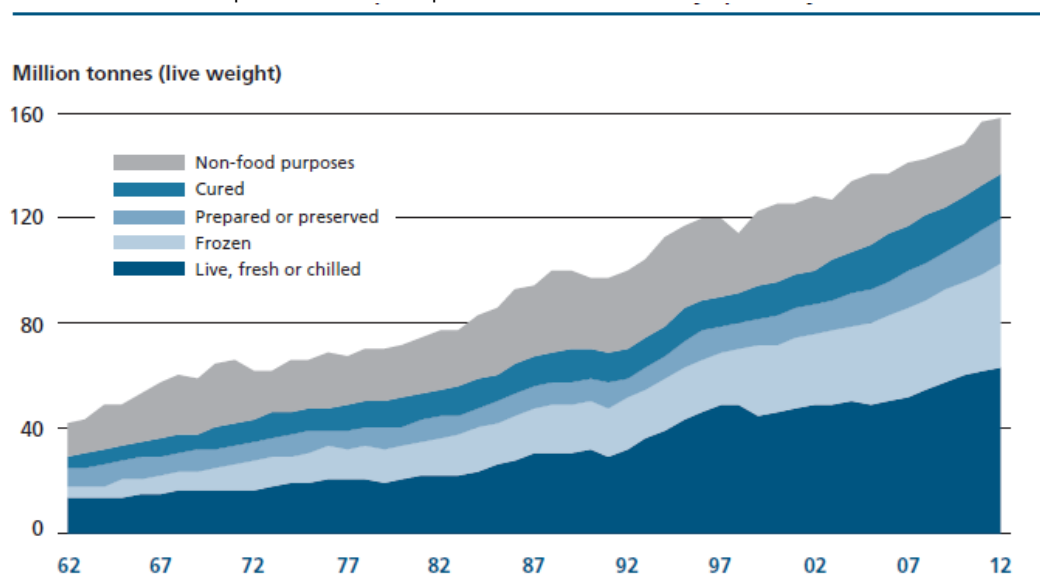
Especies	CH ₄ (g/kg de m. g.)	N ₂ O (mg/kg de m. g.)	CO ₂ eq. (g/kg de m. g.)	NH ₃ (mg/kg de m. g.)
<i>Pachnoda marginata</i> (n=4)	4,9 ± 1,96	1,03 ± 1,06	121,86 ± 49,09	3 ± 4,8
<i>Tenebrio molitor</i> (n=4)	0,1 ± 0,03	25,5 ± 7,70	7,58 ± 2029	1 ± 2,0
<i>Blaptica dubia</i> (n=3)	1,4 ± 0,30	5,7 ± 4,05	37,54 ± 8,01	54 ± 31,1
<i>Acheta domestica</i> (n=4)	0,0 ± 0,09	5,3 ± 6,05	1,57 ± 1,80	142 ± 184,5
<i>Locusta migratoria</i> (n=6)	0,0 ± 0,11	59,5 ± 104,8	17,72 ± 31,22	36 ± 10,8
Pigs	1,92 ± 3,98	106 ± 3457	79,59 ± 1,130	1140 ± 1920
Beef cattle	114	N/A	2850	N/A

Fuente: (FAO, 2004)

Además de los gases de efecto invernadero que se liberan directamente de la ganadería hay que tener en cuenta los que se liberan en el transporte de los animales desde las instalaciones pecuarias a los mataderos y de ahí a los puntos de venta, cosa que no haría falta en el caso de los insectos porque no necesitan grandes instalaciones pecuarias ni instalaciones equivalentes a los mataderos. Por tanto se podrían criar insectos en instalaciones anexas a los propios puntos de los que proceden los desechos de materia orgánica de los que se van a alimentar, reduciendo drásticamente la huella ecológica de su producción.

En cuanto a la acuicultura los motivos que llevan a tratar de cambiar la materia prima de los piensos para peces es el estado actual de las pesquerías que están sufriendo una sobreexplotación (Fig.6) derivada del aumento en el número de capturas siendo el continente asiático el que más realiza. Del total de capturas un porcentaje muy elevado no va destinado a consumo humano (Fig. 5). Por otro lado el precio del pienso de pescado y del aceite de pescado es muy elevado (FAO, 2014).

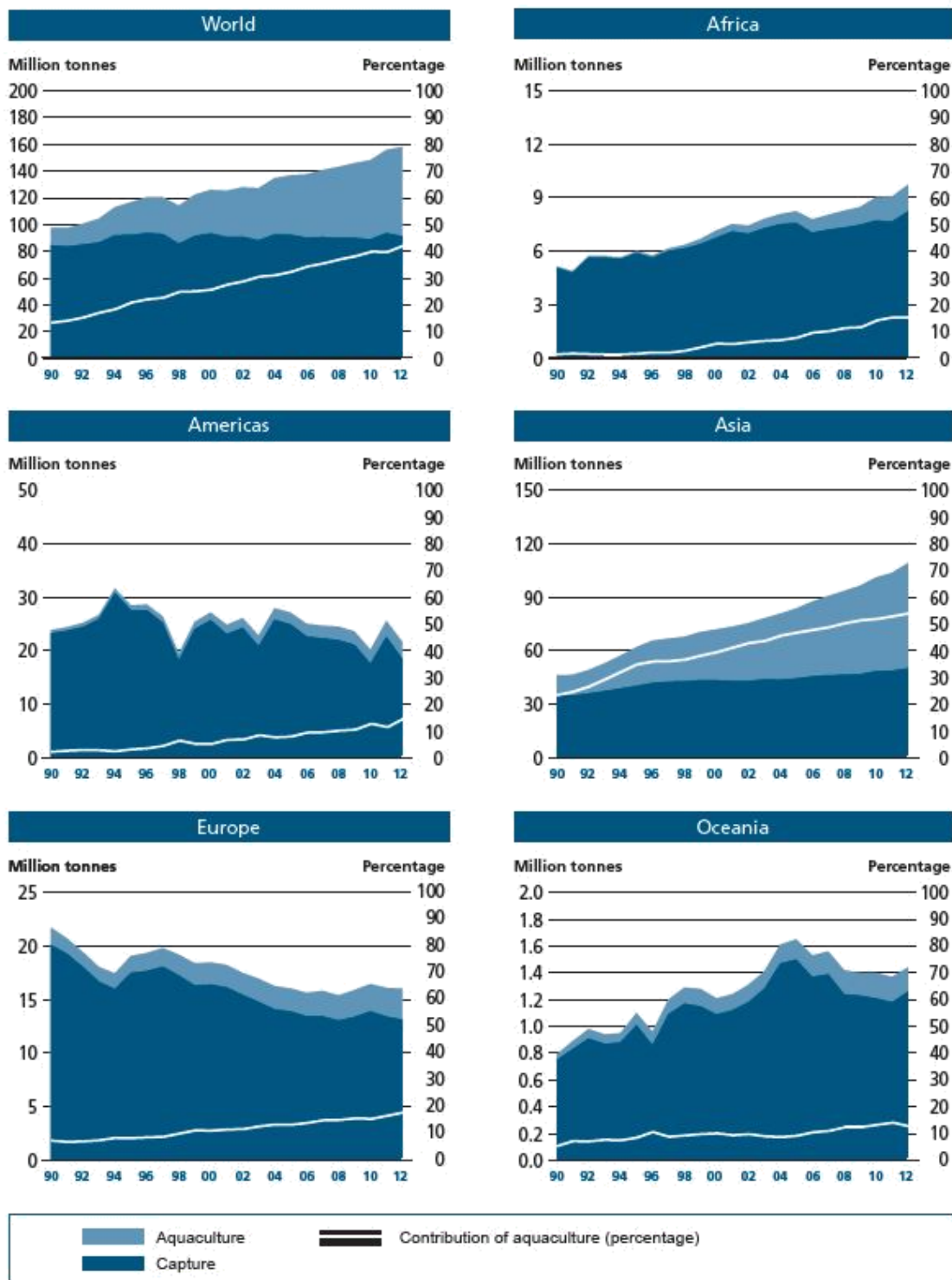
Figura 5. Destino final de las capturas mundiales de pescado



Fuente: FAO, 2014.

Por tanto, debido al aumento de la demanda se debe tender a minimizar el impacto económico y medioambiental y uno de los frentes de esta reducción es el pienso que se le suministra al ganado que, por otro lado, es el elemento más caro de todo el proceso.

Figura 6. Toneladas de pescado capturado y producido. La línea muestra el porcentaje de contribución de la acuicultura,



Fuente: FAO, 2014

Por tanto, debido al aumento de la demanda se debe tender a minimizar el impacto económico y medioambiental de la acuicultura y la ganadería y uno de los frentes de esta reducción es modificar la fuente de proteínas que se le suministra al ganado y a la acuicultura que, por otro lado, es el elemento más caro de todo el proceso en ambos casos.

B. Estado actual de la legislación

Tras el anuncio de la FAO muchos países han comenzado los trámites para modificar su legislación en materia de seguridad alimentaria para incluir a los insectos en las listas de alimentos nuevos y así contemplar su producción en masa para consumo humano y como materia prima para piensos. A continuación se va a analizar el estado de la legislación en Europa, Estados Unidos y Canadá

Legislación europea

En el caso de Europa la Autoridad Europea para la Seguridad Alimentaria (EFSA), a petición de la Comisión Europea, presentó en Octubre de 2015 un informe titulado “Perfil de riesgo relacionados con la producción y el consumo de insectos como los alimentos y piensos” en el que se recogen los posibles riesgos microbiológicos, químicos y medioambientales derivados de la producción y consumo de insectos como alimento o pienso para ganado. El 28 de Octubre de 2015 en Estrasburgo la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria presenta a votación en el Parlamento Europeo las nuevas enmiendas del Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los nuevos alimentos y quedan aprobadas a falta de que el consejo de ministros de cada país los apruebe. En caso de que el consejo de ministros no lo apruebe ambas instituciones deberán negociar. Las nuevas enmiendas comenzarán a ser vigentes a partir del 1 de Enero de 2016 asumiendo que ha habido acuerdo entre las dos partes.

Las enmiendas que han entrado a debate y votación por el Parlamento Europeo y que citan de alguna manera a los insectos son las siguientes (Nicholson, 2015):

Enmienda nº 14:

*“Debe facilitarse la comercialización en la Unión de alimentos tradicionales de terceros países, **incluidos los insectos**, cuando haya quedado demostrado un historial de uso alimentario seguro en un tercer país. Tales alimentos deben haber sido consumidos en un tercer país durante al menos veinticinco años dentro de la dieta habitual de un número significativo de personas en al menos un tercer país según se establezca en las directrices científicas y técnicas que facilitará la Comisión sobre la base del dictamen de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). El historial de uso alimentario seguro no debe incluir usos no alimentarios o no relacionados con una dieta normal.”*

Enmienda nº 46, definiciones:

“Además, se aplicarán las siguientes definiciones: Nuevo alimento» será cualquier alimento que no haya sido utilizado en una medida importante para el consumo humano en la Unión antes del 15 de mayo de 1997, sin importar la fecha de adhesión de los distintos Estados miembros a la Unión, y que quede dentro de por lo menos una de las categorías siguientes:

*(...) Todo alimento consistente en animales o sus partes, u obtenido o producido a partir de ellos o sus partes, incluidos animales enteros, como **los insectos**, excepto los alimentos procedentes de animales obtenidos mediante prácticas tradicionales de selección y cuyo historial de uso alimentario sea seguro dentro del mercado de la Unión”.*

A pesar de la legislación aún no lo permite hay países europeos que ya han realizado la revisión de la normativa que respecta a alimentos nuevos para permitir la comercialización de estos productos dentro de sus fronteras. El país que lleva la delantera en este proceso es Bélgica seguida de Holanda, Reino Unido, Luxemburgo y Francia. Estos países han propiciado que la Comisión Europea se vea obligada a debatir este hecho en el parlamento como hemos visto anteriormente.

En el país belga el organismo encargado de regular la seguridad alimentaria es la Agencia Federal para la Seguridad de la Cadena Alimentaria (FASFC en inglés) en la cual se recoge, a fecha de Junio de 2014, que ante la falta de una posición clara por parte de la unión europea se han impuesto una serie de reglas para comercializar insectos en la que se especifica una lista de los insectos considerados comestibles a la que se llegó tras una comisión europea en 2011, así como una serie de pautas de higiene, trazabilidad, etiquetado y un sistema de autocontrol basado en los principios del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC). La FASFC posee una comisión científica que proporcionará asesoramiento sobre la seguridad del uso de esas especies para consumo humano.

Los insectos que se comercializan en Bélgica son los recogidos en la siguiente tabla (Fig. 7):

Figura 7. Muestra los insectos que se comercializan legalmente en Bélgica, aprobados por la Agencia Federal para la Seguridad de la Cadena Alimentaria.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Grillo domestico	<i>Acheta domestica</i>
Langosta migratoria	<i>Locusta migratoria</i>
Gusano rey	<i>Zophobas morio</i>
Gusano de la harina	<i>Tenebrio molitor</i>
Escarabajo del estiércol	<i>Alphitobius diaperinus</i>
Polilla de la cera	<i>Galleria mellonella</i>
Langosta del desierto	<i>Schistocerca gregaria</i>
Grillo domestico tropical	<i>Grylloides sigillatus</i>
Polilla menor de la cera	<i>Achroia grisella</i>
Gusano de seda	<i>Bombyx mori</i>

Fuente: FASFC

Legislación estadounidense y canadiense

En Estados Unidos el organismo encargado de regular todo lo concerniente con la seguridad alimentaria es la FDA. Este organismo no considera los insectos como un aditivo como tal, es decir, no aparece recogido en su listado de sustancias generalmente reconocidas como seguras, más conocidas como sustancias GRAS (su acrónimo en inglés).

En cambio todo aditivo alimenticio que no esté recogido en esta base de datos debe cumplir una serie de criterios mínimos recogidos en el Código de Regulaciones Federales Título 21 para obtener su calificación de sustancia GRAS, es por esto que toda empresa que quiera comercializar un nuevo aditivo debe presentar una petición a la FDA para que un comité de expertos valore el carácter seguro de dicho aditivo.

2. Objetivos

El objetivo del siguiente artículo es el de:

- ❖ Conocer cuáles han sido las aportaciones al campo de los insectos como fuente de alimento para humanos y para ganado.
- ❖ Sacar conclusiones sobre su evolución en el tiempo desde los inicios hasta la actualidad.
- ❖ Predecir su evolución en el futuro.

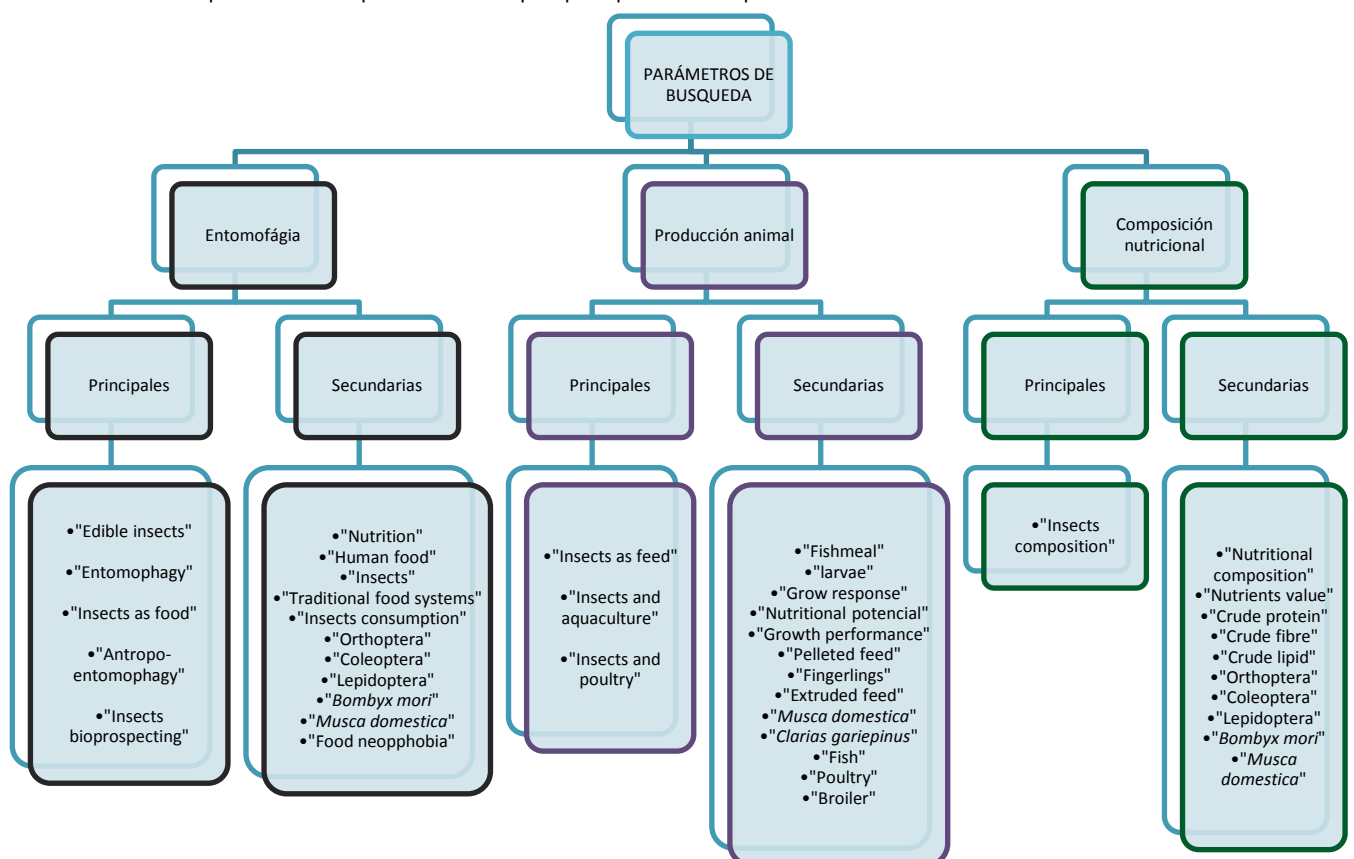
3. Material y métodos

A. Recopilación de datos: búsqueda bibliográfica

Como paso inicial se realiza una búsqueda bibliográfica de los artículos relacionados con los tres bloques principales en los que se ha dividido el artículo: Entomofagia, producción animal y composición nutricional. Para ello se han utilizado varias bases de datos como: "Scopus", "Wiley", "Google Academic" y "Elsevier" así como los artículos de interés que aparecen citados en los artículos que se desprenden de estas bases de datos y que no supongan la duplicación de la información existente.

Los parámetros de búsqueda que se han seleccionado son aquellos que se repiten en mayor medida. Estos parámetros se han clasificado dependiendo de los tres bloques y a su vez se han diferenciado entre principales y secundarios. Los principales son aquellos que por sí solos desprenden artículos válidos para la presente revisión y los secundarios son aquellos que necesitan ir acompañados de algún otro parámetro para dar como resultado artículos relacionados con la presente revisión (Fig. 8). Los artículos obtenidos van de 1969 a 2015.

Figura 8. Parámetros de búsqueda utilizados para los tres bloques principales en los que se ha estructurado el artículo.



B. Ordenación de los datos:

Todas las citas fueron ordenadas en tablas según el bloque al que pertenecen, en cada una de ellas se destaca el país y continente de procedencia de los artículos, el

año de publicación y la especie y orden de insecto del que se habla en dicha publicación. En cuanto a las tablas relativas a producción animal se incluye también el animal al que van destinados y composición nutricional.

C. Fases del proyecto y cronograma

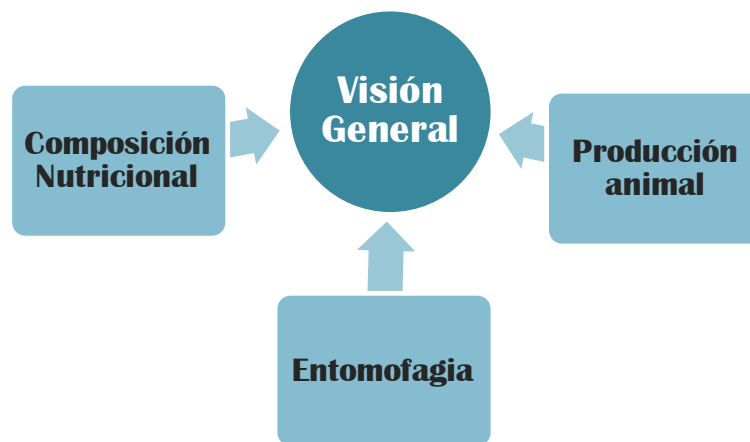
La realización del artículo de revisión ha transcurrido en las fases que se reflejan en el siguiente cronograma.

Figura 9. Cronograma del proyecto con cada una de las fases del mismo.

Fases	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.
1. Recopilación bibliográfica por medio de las palabras clave primarias	■	■	■							
2. Identificación de palabras clave secundarias		■	■	■						
3. Segunda recopilación bibliográfica			■	■	■					
4. Identificación de variables a analizar				■	■	■				
5. Introducción de los datos en una hoja de cálculo tipo Excel					■	■	■			
6. Análisis de los datos por medio de gráficos						■	■	■	■	
7. Redacción							■	■	■	■

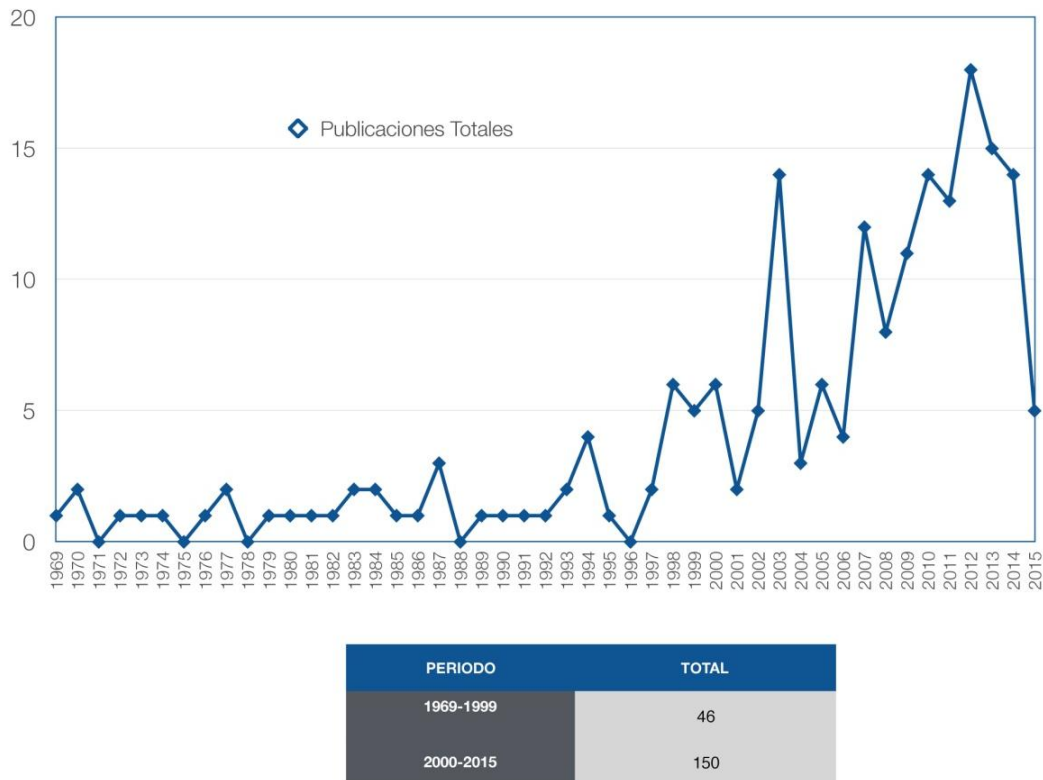
4. Revisión bibliográfica

El esquema que se ha seguido para la revisión es el siguiente:



A. Visión general

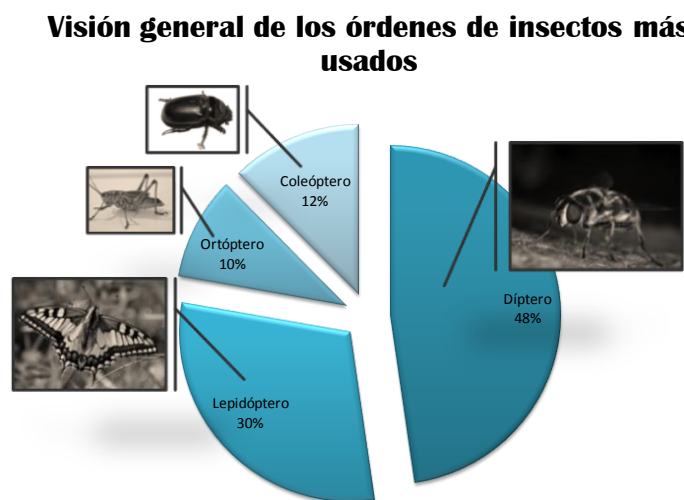
En nuestro entorno existe una apreciación subjetiva que los insectos como recurso alimenticio está generando un creciente interés, que se ve reflejado en las noticias en los diferentes medios de información. Este hecho queda demostrado cuando contabilizamos la evolución en el número de artículos científicos generados sobre este tema (Fig. 10), así podemos comprobar cómo la producción científica en relación al uso de los insectos como alimento destinado al ser humano o a la producción animal se ha triplicado en los últimos quince años (2000 – 2015) con respecto a los treinta años anteriores (1969 – 1999).

Figura 10. Evolución de las publicaciones relacionadas con los insectos como fuente de alimento.

En la figura se aprecia como desde los años 70 han existido un bajo número de artículos al año, uno o dos, y es a finales de los años 90 cuando comienza el repunte de número de publicaciones, es decir, aumenta el interés por esta nueva fuente de proteínas alcanzando su pico máximo en 2013, coincidiendo con la petición de la FAO de promover el consumo de insectos. El año 2003 es otra fecha relevante, con 14 artículos y coincide con el inicio de las contribuciones científicas de la FAO al uso de insectos como alimento para humanos y ganado.

En cuanto a la distribución de las publicaciones la mayoría proceden de los continentes africano y asiático que suman entre ambos dos tercios del total de las mismas (Fig. 11). Esto no sorprende si tenemos en cuenta que, como ya se ha mencionado, son continentes que han considerado desde siempre a los insectos como algo habitual en su dieta. Además los países asiáticos son los principales productores acuícolas del mundo, por lo que es predecible que investiguen sobre esta fuente alternativa de alimento en las producciones acuícolas en mayor medida en comparación con otros países.

Figura 13. Muestra los órdenes de insectos que más se repiten en el total de la bibliografía consultada.



Si analizamos el número de publicaciones por países (Fig. 11) podemos comprobar cómo estas se concentran en algunos países. En la figura se aprecia como en el periodo de 1969 a 1999 la mayor parte de publicaciones son de dos países históricamente consumidores de insectos, Nigeria e India, y el resto de países que aparecen no llegan a las cinco publicaciones. En el siguiente periodo (2000 a 2015) aumenta el número de países con más de diez publicaciones, destacando especialmente Nigeria, aunque se aprecia un apreciable aumento en las publicaciones indias, estadounidenses y chinas. Se puede hablar de una diversificación del conocimiento así como un aumento del interés por estos animales como se veía en la Figura 10.

Las especies pertenecientes al orden de los dípteros son los que han centrado una mayor atención, con el 48% de las aportaciones científicas (Fig. 13). Los lepidópteros, con el 30% de los artículos, también han recibido una gran atención. Coleópteros (12%) y Ortópteros (10%) son dos órdenes frecuentemente estudiados.

A. Composición nutricional de los insectos

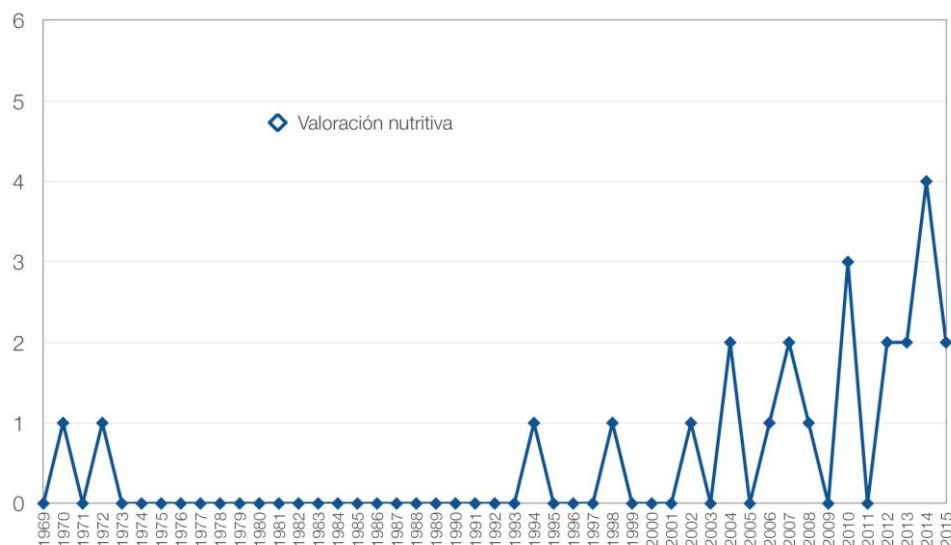
Un aspecto importante a la hora de adoptar los insectos como alimento para humanos o para ganado es conocer la composición nutricional de los mismos por lo que es importante hacer una revisión de lo que se ha escrito al respecto.

Es necesario aclarar que en este bloque se han descartado todas aquellas publicaciones que, aunque analizaran nutritivamente los insectos, estuvieran relacionadas con el consumo humano (entomofagia) o se realizaban algún tipo de ensayo con animales. Es decir que en este apartado únicamente se han introducido aquellos artículos que han valorado el potencial nutritivo de los insectos sin

especificar que era para su empleo en alimentación humana o para realizar algún tipo de experimento de alimentación animal.

La evolución en el número de publicaciones (Fig. 14) guarda cierta similitud con lo visto anteriormente en cuanto a que a partir del año 2000 empiezan a ser más constantes y a aumentar en número. Este hecho parece muy claro si tenemos en cuenta que el número de artículos se han multiplicado por cinco en los últimos 15 años.

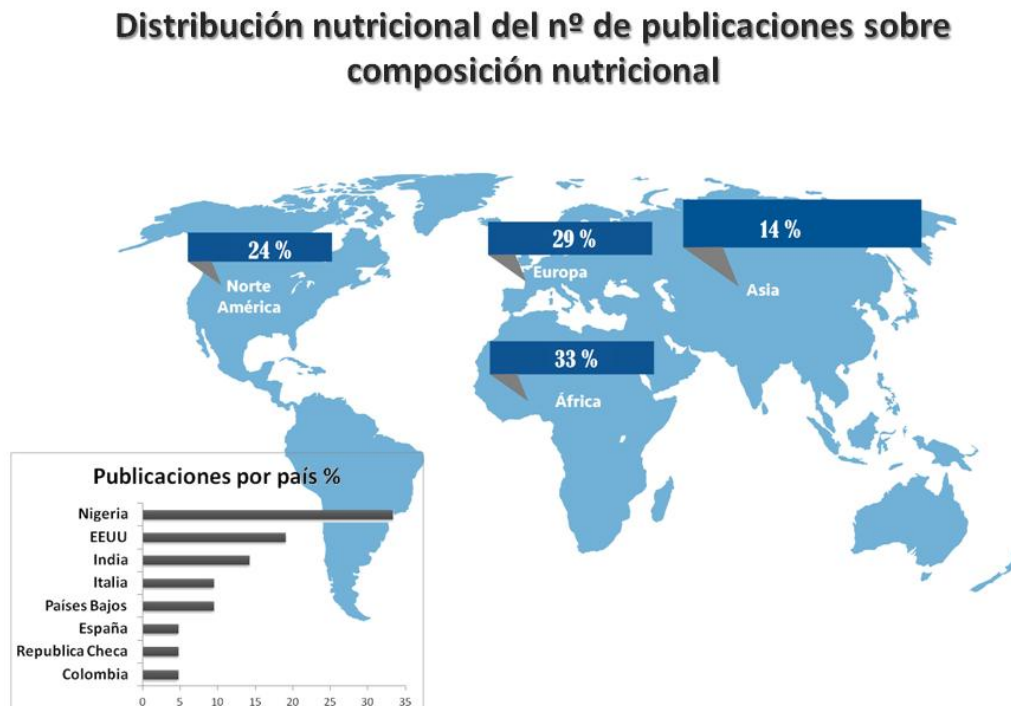
Figura 14. Evolución del número de publicaciones relativas a la composición nutricional de los insectos



PERIODO	TOTAL
1969-1999	4
2000-2015	20

Es en África donde más se ha investigado sobre este aspecto (33% de los artículos) fundamentalmente por los estudios desarrollados en Nigeria (Fig. 15). A continuación es Europa donde hay un mayor número de publicaciones científicas (29%). Este resultado es destacable, ya que es muy diferente a lo obtenido en los dos siguientes apartados que se van a tratar en este proyecto: entomofagia y alimentación animal. Hasta hace unos pocos años, Europa no destacaba en el estudio de los insectos como recurso alimenticio alternativo. También hay que indicar como la productividad científica se distribuye en diversos países, sin un dominio claro de una nación, como ocurría en África. En Norte América habría que destacar la importancia que tiene EEUU, e India en Asia.

Figura 15. Origen de las publicaciones analizadas



El valor nutritivo aproximado de los insectos es un factor limitante a la hora de considerarlos como alimento. Por eso hay numerosos estudios que tratan de determinar su composición. Las líneas de trabajo en cuanto a la valoración nutritiva se centran principalmente en el estudio de los macronutrientes, aminoácidos, ácidos grasos y digestibilidad.

Aunque se hable genéricamente de insectos como un recurso homogéneo, hay que ser conscientes de que existen cientos de miles de especies descritas en este grupo taxonómico. Por tanto, es tanta la diversidad que es muy complejo resumir los resultados. Además la composición nutritiva de los insectos varía significativamente no sólo dentro de un orden o familia, sino incluso dentro de la misma especie, dependiendo de la fase de desarrollo en la que se encuentren o la alimentación que hayan recibido durante su crecimiento por lo que es muy difícil establecer un valor exacto.

Macronutrientes

Proteína Bruta

Es el criterio más importante a la hora de considerar los insectos como alimento. Muchos estudios indican que la mayoría de los insectos poseen una alta cantidad y calidad de proteínas (Ladrón Guevara et al., 1995; Ramos-Elorduy et al., 1982; Ramos-Elorduy et al., 1997; Ramos-Elorduy et al., 1981; Ramos-Elorduy et al., 1984), por eso ha sido ampliamente utilizado en los países con déficit proteico.

La mayoría de los insectos se encuentran en torno a superiores a los de la harina de soja (PB = 45-50%), aunque suelen ser menos proteicos que la harina de pescado (PB = 65-75%). No obstante, Bernard et al. (1997) y Finke (2002, 2007) también obtuvieron una alta proporción de PB (entre 67 y 70%) en *Acheta domestica*. Y en general, los ortópteros poseen un nivel de PB muy elevado, entre el 60 y el 70 % (Ramos-Elorduy et al., 1998). Los valores más altos los encontramos en los ortópteros *Acheta domestica*, *Heteracris littoralis*, *Boopedon flaviventris* y *Sphenarium histrio* (76 - 74%), la larva del díptero *Drosophila melanogaster* (70%) y la larva del coleóptero *Rhantus atricolor* (71%) (Fig. 16).

En resumen podríamos destacar que:

- a) En general los insectos son menos proteicos que la harina de pescado, y similares a la harina de soja
- b) Los ortópteros es el orden con mayor proporción de proteína
- c) En general, podemos observar apreciables diferencias, entre autores, al analizar incluso la misma especie de insecto.

Estas diferencias pueden deberse a la edad de los insectos, las diferencias también pueden ser debidas a las variaciones en sus hábitos, el método de procesamiento, o como resultado de diferentes ecotipos (Banjo et al., 2006, Fasakin et al., 2003, Tegua, 2005). Este aspecto consideramos que es de gran interés. Si se pretende emplear a la harina de insectos como alimento es necesario realizar una producción homogénea, siendo necesario estudios que determinen la edad ideal, efecto de su alimento, estirpes genéticas, método de procesado, etc.

Grasa Bruta

Los animales acumulan la energía sobrante del alimento en forma de grasa, como reserva para épocas de escasez. Los peces viven en un medio donde no existen grandes excedentes de recursos, y difícilmente pueden acular grandes reservas de grasa. Por eso la harina de pescado no contiene una gran cantidad de ella (8-10%), por el contrario, los insectos con metamorfosis deben acumular una gran cantidad de energía, para hacer frente al gasto que sufrirá durante la misma.

En general las larvas de coleópteros poseen una gran cantidad de grasa, superando normalmente el 25%. Aunque en el caso de *Tenebrio molitor* Finke (2002, 2007) y Ramos-Elorduy (2006) han obtenido niveles más elevados (38 al 43 %).

Normalmente las fases larvarias contienen una mayor cantidad que los adultos (Barker et al., 1998). Por ello, en general los ortópteros no tienen niveles de grasa muy elevados (entre el 15 y el 30%).

En general, como cabría esperar, las larvas de dípteros contienen una mayor proporción de grasa que las pupas. En este orden destaca, por su baja proporción, la larva de *Eristalis tenax* (5.8%).

Contenido en aminoácidos

La proteína es el componente más costoso de los piensos. Se sabe que el valor nutricional de las proteínas depende de su capacidad para proveer de nitrógeno y aminoácidos en una cantidad adecuada para las necesidades de un organismo (FAO, 1991). La presencia de una proporción balanceada entre aminoácidos esenciales y no esenciales es un factor limitante en la dieta ya que repercute directamente en la calidad de las proteínas que dependen de la disponibilidad de aminoácidos. Los insectos poseen en general una buena proporción de aminoácidos esenciales que se asemejan a los de la harina de pescado.

La harina de pescado tiene un alto valor biológico como alimento, ya que tiene un alto nivel de aminoácidos esenciales digestibles, tales como lisina, metionina y leucina, que a menudo son deficitarios en otros alimentos (Hall, 1992; Keller, 1990). Conconi (1993) también considera que la calidad en aminoácidos de los insectos es buena, y que son ricos en aminoácidos esenciales como lisina, metionina, cisteína, pero que son ligeramente limitantes en triptófano. Aunque cada especie de insecto es deficitaria en algún aminoácido, si se contemplan en su conjunto, una mezcla adecuada de diferentes insectos podría aportar una proporción de aminoácidos esenciales similar a la harina de pescado.

Barroso et al. (2014), obtuvieron que, en general, los dípteros eran los insectos que más se asemejaban a la harina de pescado en cuanto a los aminoácidos esenciales (Fig. 17).

Perfil de ácidos grasos

Los ácidos grasos (FAS) se caracterizan por ser saturado (sin dobles enlaces), monoinsaturados (un doble enlace), o poliinsaturados (más de un doble enlace) (PUFA n-6 y n-3). Se sabe que la harina de pescado contiene una gran cantidad de ácidos grasos omega-3 (ácidos grasos altamente insaturados, HUFAs), especialmente EPA (20: 5 n-3) y DHA (22: 6 n-3) (Fig. 18).

Ramos-Elorduy (2008) apunta que los estadios inmaduros de los insectos holometábolos tienen alta cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs). Sin embargo, aunque la proporción de ácidos grasos poliinsaturados sea alta, la calidad difiere mucho de la harina de pescado. Mientras la harina de pescado es rica en ácidos grasos omega-3 HUFA, los insectos poseen fundamentalmente ácidos grasos Omega-6.

Bukkens (1997) ha obtenido que la mayoría de las especies contienen una cantidades significativas de ácido linoleico. Diversos investigadores (Akinawo & Ketiku, 2000; Beenakker y Scheres, 1971; Ekpo y Onigbinde, 2007; Finke 2002, 2007; Katayama et al., 2008) han obtenido que prácticamente ningún insecto terrestres presenta EPA y DHA, cuando la harina de pescado llega a contener un 14% y 16% respectivamente. Esta carencia de EPA y DHA en los insectos es uno de los limitantes más importantes que presentan, si se quieren utilizar como alimentación en piscicultura (Barroso et al., 2014).

Figura 16. Composición aproximada de varias especies de insectos

Orden	Especie	Fase	PB	EE	Ceniza	Ref.
Blattodea	<i>Periplaneta americana</i>		53,9	28,4	3,3	(Bernard et al., 1997)
Coleoptera	<i>Analeptes trifasciata</i>	Larva	20,1	2,1	1,5	(Banjo et al., 2006)
Coleoptera	<i>Aplagiognatus spinosus</i>	Larva	25,8	36,4	3,3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Coleoptera	<i>Arophalus rusticus</i>	Larva	20,1	56,1	1,7	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Coleoptera	<i>Callipogon barbatum</i>	Larva	41	34		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Chalcophora sp.</i>	Larva	30,5	53,8		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Macroductylus lineaticollis</i>	Larva	63,8	11,8		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Melolontha sp.</i>	Larva	47,4	18,8		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Metamasius spinolae</i>	Larva	69,1	17,4	0,6	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Coleoptera	<i>Oileus rimador</i>	Larva	20,9	46,5		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Oryctes boas</i>	Larva	26	1,5	1,5	(Banjo et al., 2006)
Coleoptera	<i>Pachymerus nucleorum</i>	Larva	33,1	49,3		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Passalus punctiger</i>	Larva	27	44,1		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Paxilus leachei</i>	Larva	21,3	47,2		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Phyllophaga sp.</i>	Larva	42,6	24		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Rhantus atricolor</i>	Larva	71,1	6,4	4,6	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Coleoptera	<i>Phyllognathus excavatus</i>	Adulto	65,7	15,9	7,8	(Barroso et al., 2014)
Coleoptera	<i>Rhynchophorus</i>	Larva	34,6	11,8	6,6	(Barroso et al., 2014)
Coleoptera	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Larva	25,8	38,5		(Cerdeja et al., 1999)
Coleoptera	<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	Larva	28,4	31,4	2,7	(Banjo et al., 2006)
Coleoptera	<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	Larva	35,5	51,7	1,4	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Coleoptera	<i>Sprataegus aloeus</i>	Larva	47,1	17,1		(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	(47,2 - 58,4)	(30,1 - 43,1)	(2,8 - 3,5)	(Finke, 2002) y (Barroso et al., 2014)
		Pupa	(3,1 - 54,6)	(30,8 - 36,7)	3,4	(Bernard et al., 1997) y (Ramos-Elorduy et al., 2006)
		Adulto	(63,7 - 66,3)	(63,7 - 66,3)	(3,1 - 3,3)	(Bernard et al., 1997) y (Finke, 2002)
Coleoptera	<i>Trichoderes pini</i>	Larva	41,1	36,7	3,8	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Coleoptera	<i>Zophoba morio</i>	Larva	(46,8 - 53,5)	(38 - 42)	(2,4 - 2,5)	(Finke, 2002) y (Barroso et al., 2014)

PB = Proteína Bruta / EE = Extracto Etéreo / Ref. = Referencia bibliográfica

Fuente: Sánchez-Muros et. al., 2014; Barroso et. al., 2014.

Figura 16. Composición aproximada de varias especies de insectos (continuación)

Orden	Especie	Fase	PB	EE	Ceniza	Ref.
Diptera	<i>Calliphora vicina</i>	Larva	48,3	20,1	8	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Chrysomya megacephala</i>	Larva	61,8	27	7,2	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Copestylum anna</i>	Pupa	46,8	16,5	6,1	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Copestylum anna</i>	Larva	37,2	10	8,3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Diptera	<i>Drosophila melanogaster</i>	Larva	70,1	12,6	4,6	(Bernard et al., 1997)
Diptera	<i>Drosophila melanogaster</i>	Adulto	40,3	29,4	9,8	(Bernard et al., 1997)
Diptera	<i>Ephydra hians</i>	Larva	35,9	35,9	12,3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Diptera	<i>Eristalis sp.</i>	Huevos, larva y pupa	(40,7 - 40,9)	(5,8 - 11,9)	(13,9 - 26)	(Barroso et al., 2014) y (Ramos-Elorduy et al., 1998)
Diptera	<i>Hermetia Illucens</i>	Larva	(36,2 - 42,1)	(18 - 34,8)	(9,3 - 17,5)	(Barroso et al., 2014) y (Ramos-Elorduy et al., 1998)
Diptera	<i>Hermetia Illucens</i>	Pupa	40,7	15,6	19,7	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Lucilia sericata</i>	Larva	53,5	28,4	4,9	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Lucilia sericata</i>	Pupa	59	26,6	4,9	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Larva	46,3	28,3	3,9	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Pupa	56	23,6	8,8	(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Musca domestica</i>	Huevos, larva y pupa	(37,5 - 59,5)	(6,7 - 33,7)	(5 - 23,1)	(Barroso et al., 2014), (Djordjevic et al., 2008), (Ogunji et al., 2008b) y (Sheppard et al., 2007)
Hemiptera	<i>Abedus sp.</i>	Adulto	67,7	6,2	3,1	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hemiptera	<i>Edessa montezumae</i>	Ninfa y adulto	37,5	45,9	3,7	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hemiptera	<i>Euchistus strennus</i>	Ninfa y adulto	41,8	41,7	3,1	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hemiptera	<i>Pachilus gigas</i>	Ninfa y adulto	65,4	19,4	3,3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Apis mellifera</i>	Huevos, larva y pupa	(21 - 49,3)	(12,3 - 20,3)	(2,2 - 3,6)	(Banjo et al., 2006), (Finke, 2002) y (Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Liometopum apiculatum</i>	Larva y pupa	37,3	42,1	3,1	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Liometopum occidentale</i>	Larva y pupa	41,7	36,2	2,4	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Mischocyttarus sp.</i>	Larva y pupa	57,3	24,3	4,2	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Myrmecosistis melliger</i>	Adulto	9,5	5,8	4,1	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Pogonomyrmex barbatus</i>	Huevos, larva y pupa	45,8	34,3	9,3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Polistes canadensis</i>	Larva y pupa	61,5	31,1	1,9	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Polybia occidentalis</i>	Larva y pupa	61,6	18,7	3,5	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Hymenoptera	<i>Vespa sp.</i>	Larva y pupa	52,8	29,7	3,4	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Isoptera	<i>Macrotermes bellicosus</i>	Adulto	20,4	28,2	2,9	(Banjo et al., 2006)
Lepidoptera	<i>Aegiale luesperiaris</i>	Larva	40,3	29,9	3,9	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Lepidoptera	<i>Anaphe infracta</i>	Larva	22	15,2	1,6	(Banjo et al., 2006)
Lepidoptera	<i>Anaphe reticulata</i>	Larva	23	10,2	2,5	(Banjo et al., 2006)
Lepidoptera	<i>Anaphe venata</i>	Larva	25,7	23,2	3,2	(Banjo et al., 2006)
Lepidoptera	<i>Bombyx mori</i>	Larva	53,8	8,1	6,4	(Finke, 2002)
Lepidoptera	<i>Catantopha teutila</i>	Larva	59,8	19,2	7,1	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Lepidoptera	<i>Cirina forda</i>	Larva	(20,2 - 33,1)	(12,2 - 14,2)	(1,5 - 7,1)	(Akinawo and Ketiku, 2000) y (Banjo et al., 2006)
Lepidoptera	<i>Comadia redtembacheri</i>	Larva	29	43,3	0,6	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Lepidoptera	<i>Eucheira socialis</i>	Larva	48,8	22,7	3,3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Lepidoptera	<i>Galleria mellonella</i>	Larva	(38,8 - 42,4)	(46,4 - 58,6)	(2,2 - 2,7)	(Bernard et al., 1997) y (Finke, 2002)
Lepidoptera	<i>Galleria mellonella</i>	Adulto	55,2	6,6	10,8	(Bernard et al., 1997)
Lepidoptera	<i>Heliothis zea</i>	Larva	42	29	3,9	(Ramos-Elorduy et al., 1998)

PB = Proteína Bruta / EE = Extracto Etéreo / Ref. = Referencia bibliográfica

Fuente: Sánchez-Muros et. al., 2014; Barroso et. al., 2014.

Figura 16. Composición aproximada de varias especies de insectos (continuación)

Orden	Especie	Fase	PB	EE	Ceniza	Ref.
Lepidoptera	<i>Lanifera cyclades</i>	Larva	45,9	30,3	4,6	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Lepidoptera	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Larva	60,4	17,2	2,9	(Bernard et al., 1997)
		Pupa	64,2	17	2,6	
Lepidoptera	<i>Phasus triangularis</i>	Larva	13,2	77,2	1,4	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Odonata	<i>Aeschna multicolor</i>	Ninfa	52,3	16,7	12,9	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Odonata	<i>Anax sp.</i>	Ninfa	56,2	22,9	4,2	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Orthoptera	<i>Acheta doméstica</i>	Adulto	(64,9 - 73,1)	(13,8 - 22,1)	(3,6 - 5,7)	(Finke, 2002), (Bernard et al., 1997) y (Barroso et al., 2014)
		Ninfa	67,2	14,4	4,8	(Finke, 2002)
Orthoptera	<i>Anacridium aegyptium</i>	Adulto	66	17,6	3,7	(Barroso et al., 2014)
Orthoptera	<i>Boopedon flaviventris</i>	Ninfa y adulto	76	8,4	3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Orthoptera	<i>Gryllus assimilis</i>	Adulto	64,9	23,2	4,8	(Barroso et al., 2014)
Orthoptera	<i>Heteracris littoralis</i>	Adulto	74,4	8,8	5,1	(Barroso et al., 2014)
Orthoptera	<i>Schistocerca sp.</i>	Ninfa y adulto	61,1	17	4,6	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Orthoptera	<i>Sphenarium histrio</i>	Ninfa y adulto	74,8	8,6	3,5	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Orthoptera	<i>Sphenarium purpurascens</i>	Ninfa y adulto	52,6	19,6	2,3	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Orthoptera	<i>Trimerotropis pallidipennis</i>	Ninfa y adulto	62,9	22,2	4,8	(Ramos-Elorduy et al., 1998)
Orthoptera	<i>Zonocerus variegatus</i>	Adulto	26,8	3,8	1,2	(Ramos-Elorduy et al., 1998)

PB = Proteína Bruta / EE = Extracto Etéreo / Ref. = Referencia bibliográfica

Fuente: Sánchez-Muros et. al., 2014; Barroso et. al., 2014.

Figura 17. Contenido en aminoácidos de varias especies de insectos

Orden	Especie	Fase	AAE										AANE							Ref.	
			Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val	Asp	Cys	Glu	Gly	Pro	Ser	Tyr		Ala
Lepidoptera	<i>Samia ricinii</i>	Pupa	4,4	2,7	4,4	6,6	6,5	2,3	5,2	4,8	NA	5,4	9,9	0,5	13	4,9	6,5	5,3	6,4	6,1	(Longvah et al., 2011)
Lepidoptera	<i>Bombyx mori</i>	Pupa	6,8	2,5	5,7	8,3	6,5	4,6	5,1	5,4	0,9	5,6	11	1,4	15	4,6	4	4,7	5,4	5,5	(Rao, 1994)
Lepidoptera	<i>Cossus redtenbachi</i>	Larva	6	1,6	5,1	7,9	4,9	2,1	9,3	4,7	0,6	6,1	11	1,3	17	5,5	5,9	6,2	5,3	6,5	(Ramos-Elorduy et al., 1982)
Hemiptera	<i>Pachilis gigas</i>		4,1	7	4,2	6,9	4,5	3,6	14	3,6	0,6	6,2	6,6	2,4	10	7	7,7	4,5	5,8	8,7	(Ramos-Elorduy et al., 1997)
Hemiptera	<i>Euschistus egglestoni</i>		4,3	3,2	4,4	7	3	2,8	3,3	4,8	0,6	6,1	7,1	1	9,6	6	6,7	3,9	4,8	9,3	(Ramos-Elorduy et al., 1997)
Hemiptera	<i>Atizies taxcoensis</i>	Ninfa y adulto	5,1	1,8	4,1	7,7	3,1	2,7	10	4,2	0,1	7,3	8,5	1	11	7	8,9	6,1	6,6	12	(Ramos-Elorduy et al., 1982)
Ortoptera	<i>Acheta domestica</i>	Adulto	8,53	2,93	5,31	8,69	6,16	1,49	4,23	4,1		6,99							4,91		(Barroso et al., 2014)
Ortoptera	<i>Anacridium aegyptium</i>	Adulto	9,63	4,04	5,16	7,28	5,73	2,36	5	4,49		6,64							5,75		(Barroso et al., 2014)
Ortoptera	<i>Boopedon flaviventris</i>		4,3	2,4	4,7	8,8	5,5	1,8	4,1	4,4	0,6	5,7	8,8	2	15	7,5	6,8	4,3	7,4	5,9	(Ramos-Elorduy et al., 1997)
Ortoptera	<i>Gryllus assimilis</i>	Adulto	9,23	3,03	5,05	8,06	6,46	1,1	4,1	4,11		6,6							4,31		(Barroso et al., 2014)
Ortoptera	<i>Gryllus testaceus</i>		3,7	1,9	3,1	5,5	4,8	1,9	2,9	2,8	NA	4,4	6,3	1	9,1	3,6	4,5	3,7	3,9	5,6	(Wang et al., 2005)
Ortoptera	<i>Heteracris litoralis</i>	Adulto	7,93	2,69	5,34	8,88	6,01	1,02	3,63	3,9		7,48							4,51		(Barroso et al., 2014)
Ortoptera	<i>Locusta migratoria</i>	Adulto	7,58	2,98	5,27	8,31	6,33	0,54	3,84	4,28		7,01							4,48		(Barroso et al., 2014)
Ortoptera	<i>Sphenarium histrio</i>	Ninfa	6,6	1,1	5,3	8,7	5,7	2	12	4	0,6	5,1	9,3	1,3	4,3	5,3	7,2	5,1	7,3	7,7	(Ramos-Elorduy et al., 1982)
Ortoptera	<i>Callipogon barbatum</i>		5,9	2,2	5,8	10	5,7	2	4,7	4	0,7	7	9,1	2	10	9,2	6,2	3,7	4,2	8	(Ramos-Elorduy et al., 2006)
Coleoptera	<i>Phyllognathus excavatus</i>	Adulto	5,76	4,19	5,71	7,59	6,34	1,42	4,17	4,1		7,15							4,26		(Barroso et al., 2014)
Coleoptera	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	Larva	4,82	3,62	5,85	6,63	6,18	0,45	5,81	4		6,69							9,84		(Barroso et al., 2014)
Coleoptera	<i>Scyphophorus acupunctatus</i>		4,4	1,5	4,8	7,8	5,5	2	4,6	4	0,8	6,2	9,1	2,2	16	6,1	5,4	6,6	6,4	6,5	(Ramos-Elorduy et al., 1997)
Coleoptera	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	6,14	3,64	5,87	8,65	6,03	0,64	4,29	4,49		7,61							4,18		(Barroso et al., 2014)
Coleoptera	<i>Zophoba morio</i>	Larva	5,72	3,87	6,36	8,25	5,82	0,76	5	4,33		7,55							6,28		(Barroso et al., 2014)
Hymenoptera	<i>Vespa basalis</i>		1,7	1,1	2,6	3,5	1,9	0,9	1,9	1,8	NA	2,6	3,4	ND	7,5	3,6	3,7	1,9	2,5	3,4	(Ying and Long, 2010)
Hymenoptera	<i>Polistes sagittarius</i>		1,6	1,1	2	2,8	1,6	0,5	1,8	1,5	NA	2,4	3	ND	6,2	2,5	3,2	1,6	1,8	2,6	(Ying and Long, 2010)
Diptera	<i>Calliphora vicina</i>	Larva	8,57	5,02	5,09	6,69	7,99	2,16	7,12	4,86		5,93							6,36		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Chrysomya megacephala</i>	Larva	7,83	5,08	4,85	6,89	8,53	2,22	7,17	4,51		5,77							6,68		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Chrysomya megacephala</i>	Pupa	8,99	5,2	5,23	6,96	7,87	2,76	6,73	5,02		6,14							6,02		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Eristalis tenax</i>	Larva	7,69	4,22	6,16	7,62	8,45	2,37	6,64	5,02		6,52							5,21		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Hermetia illucens</i>	Larva	8,24	5,29	5,76	6,87	7,6	1,5	6,88	5,39		6,31							6,35		(Barroso et al., 2014)
Diptera		Pupa	8,05	5,16	5,34	6,83	7,31	3,26	6,22	4,95		6,34							7,14		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Lucilia sericata</i>	Larva	8,84	5,12	5,05	6,43	7,66	3,36	7,42	5,38		5,88							6,64		(Barroso et al., 2014)
Diptera		Pupa	7,67	5,18	5,1	6,96	7,91	3,08	7,02	4,6		6,03							6,29		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Musca domestica</i>	Larva	5,2 - 6,83	2,9 - 4,68	4,4 - 4,89	6,75 - 7,8	3 - 8,3	(3 - 4,6)	(7,1 - 13)	4 - 4,8	0,6	5,1 - 6,0	11,1	2,4	13	5,8	4,8	3,7	(5,79 - 7)	6,5	(Ramos-Elorduy et al., 1982) y (Barroso et al., 2014)
Diptera		Pupa	8,76	5,17	5,2	6,57	7,57	3,44	6,86	5,28		6,08							5,91		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Larva	7,49	5,48	5,2	6,29	8,23	2,3	8,1	4,78		5,99							7,43		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Pupa	7,71	5,35	5,08	6,77	7,89	2,55	7,15	4,83		6,05							7,1		(Barroso et al., 2014)
Diptera	<i>Ephydra hians</i>	Larva	2,7	1	5	8	5,8	3,8	10	4,6	0,4	5,6	11	2,2	16	4,9	6,5	3,8	5,1	12	(Ramos-Elorduy et al., 1982)
GUIA	Harina de pescado de buena calidad		6,14	3,6	4,8	7,8	7,9	2,5	4,1	4,4	1	5,2	9	1	13	6,2	4,5	4	3,2	6,3	(Lall and Anderson, 2005)

AAE = Aminoácidos esenciales / AANE = Aminoácidos no esenciales. FUENTE: Fuente: Sánchez-Muros et. al., 2014; Barroso et. al., 2014.

Figura 18. Contenido en ácidos grasos de varias especies de insectos.

Orden	Especie	Fase	12:00	14:00	16:00	17:00	18:00	16:1 n7	18:1 n7	18:1 n9	20:1 n9	18:2 n6	18:3 n6	20:4 n6	22:4 n6
Coleoptera	<i>Phyllognathus excavatus</i>	Adulto	0	0	24.2 ± 3.0	0	4.5 ± 0.1	2.0 ± 0.0	0	55.1 ± 0.5	0	11.0 ± 0.4	0	0	0
Coleoptera	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	Larva	0	1.6 ± 0.1	37.8 ± 0.4	0	3.2 ± 0.1	4.2 ± 0.1	0	40.3 ± 0.1	0	11.2 ± 0.4	0	0	0
Coleoptera	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	0	2.2 ± 0.0	16.6 ± 0.1	0	3.4 ± 0.0	2.2 ± 0.0	0	43.6 ± 0.1	0	30.4 ± 0.1	0	0	0
Coleoptera	<i>Zophoba morio</i>	Larva	0	1.1 ± 0.1	30.2 ± 0.4	0	7.6 ± 0.2	1.0 ± 0.0	0	34.7 ± 0.4	0	22.6 ± 0.0	0	0	0
Diptera	<i>Calliphora vicina</i>	Larva	0	1.6 ± 0.1	19.4 ± 0.1	0	7.6 ± 0.1	12.8 ± 0.1	2.6 ± 0.0	24.9 ± 0.1	0.4 ± 0.1	10.8 ± 0.1	0.9 ± 0.0	12.5 ± 0.2	0
Diptera	<i>Chrysomya megacephala</i>	Larva	0	1.5 ± 0.1	24.7 ± 1.1	0	9.7 ± 0.0	5.4 ± 0.3	0.7 ± 0.1	24.6 ± 0.2	0	15.1 ± 0.1	1.4 ± 0.0	12.0 ± 0.4	0
Diptera	<i>Chrysomya megacephala</i>	Pupa	0	1.8 ± 0.1	25.6 ± 0.4	0	8.1 ± 0.1	7.5 ± 0.5	0.6 ± 0.1	27.1 ± 0.1	0.3 ± 0.0	12.5 ± 0.2	1.3 ± 0.0	9.3 ± 0.1	0
Diptera	<i>Eristalis tenax</i>	Larva	4.8 ± 0.6	17.2 ± 0.8	18.1 ± 0.1	0	1.7 ± 0.0	45.4 ± 0.3	0.3 ± 0.4	4.6 ± 0.1	0	1.6 ± 0.0	0	0	0
Diptera	<i>Hermetia illucens</i>	Larva	43.4 ± 0.6	7.9 ± 0.1	13.2 ± 0.1	0	2.8 ± 0.1	2.3 ± 0.1	0	14.6 ± 0.3	0	15.2 ± 0.4	0	0	0
Diptera	<i>Hermetia illucens</i>	Pupa	0	2.4 ± 0.2	16.6 ± 0.1	3.4 ± 0.0	43.5 ± 0.2	2.2 ± 0.0	30.4 ± 0.1	0	0	0	1.1 ± 0.0	0	0
Diptera	<i>Lucilia sericata</i>	Larva	0	3.7 ± 0.1	21.7 ± 0.1	0	2.5 ± 0.1	19.3 ± 0.4	0.3 ± 0.0	35.3 ± 0.5	0.2 ± 0.0	8.1 ± 0.2	0	0.7 ± 0.1	0
Diptera	<i>Lucilia sericata</i>	Pupa	0	2.9 ± 0.1	22.6 ± 0.3	0	3.3 ± 0.1	17.3 ± 0.1	0.5 ± 0.0	36.5 ± 0.4	0	7.5 ± 0.1	0.2 ± 0.0	2.7 ± 0.1	0
Diptera	<i>Musca domestica</i>	Larva	0	2.4 ± 0.1	23.1 ± 0.5	0	7.2 ± 0.8	15.1 ± 0.8	0.3 ± 0.1	37.1 ± 0.7	0.2 ± 0.0	6.5 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0
Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pupa	0	2.5 ± 0.1	22.6 ± 1.1	0	4.9 ± 0.1	15.4 ± 0.7	0.3 ± 0.1	38.3 ± 1.4	0.1 ± 0.1	6.6 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Larva	0	2.4 ± 0.1	21.9 ± 0.1	0	2.8 ± 0.0	11.0 ± 0.1	0	33.8 ± 0.0	0	16.1 ± 0.1	0.4 ± 0.0	2.8 ± 0.1	0
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Pupa	0	2.4 ± 0.1	22.8 ± 0.3	0	1.4 ± 2.0	10.4 ± 0.2	0.2 ± 0.3	33.0 ± 0.6	0	16.2 ± 0.2	0.5 ± 0.1	2.6 ± 0.1	0
Ortoptera	<i>Acheta domestica</i>	Adulto	0	0.5 ± 0.0	24.9 ± 0.1	0	8.8 ± 0.0	0.9 ± 0.0	0	20.4 ± 0.1	0	41.4 ± 0.1	0	0	0
Ortoptera	<i>Anacridium aegyptium</i>	Adulto	0	1.9 ± 0.4	24.1 ± 1.5	0	4.4 ± 0.2	1.4 ± 0.1	0	37.4 ± 0.9	0	12.1 ± 0.3	0	0	0
Ortoptera	<i>Gryllus assimilis</i>	Adulto	0	0.4 ± 0.6	26.4 ± 0.0	0	7.2 ± 0.0	1.7 ± 0.0	0	25.8 ± 0.4	0	34.4 ± 0.2	0	0	0.7 ± 0.0
Ortoptera	<i>Heteracris littoralis</i>	Adulto	0	1.1 ± 0.1	17.5 ± 0.5	0	9.2 ± 0.1	0.9 ± 0.2	0	26.8 ± 0.1	0	22.3 ± 0.1	0	0	0
Ortoptera	<i>Locusta migratoria</i>	Adulto	0	2.3 ± 0.1	28.4 ± 0.1	0	5.8 ± 0.1	2.5 ± 0.1	0	45.3 ± 0.6	0	11.2 ± 0.2	0	0	0

FUENTE: Barroso et. al., 2014.

Figura 18. Contenido en ácidos grasos de varias especies de insectos (continuación)

Orden	Especie	Fase	18:3 n3	18:4 n3	20:5 n3	22:5 n3	22:6 n3	Other	Satura.	Monoun.	Ω -6	Ω-3	Polyuns.
Coleoptera	<i>Phyllognathus excavatus</i>	Adulto	0.9 ± 0.1	0	0	0	0	1.5 ± 2.1	28.7 ± 3.0	58.1 ± 0.5	11.8 ± 0.4	0	11.8 ± 0.4
Coleoptera	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	Larva	1.9 ± 0.1	0	0	0	0	0.1 ± 0.0	42.5 ± 0.4	44.4 ± 0.0	13.0 ± 0.4	0	13.0 ± 0.4
Coleoptera	<i>Tenebrio mollitor</i>	Larva	1.1 ± 0.0	0	0	0	0	0.6 ± 0.0	22.2 ± 0.1	45.8 ± 0.1	31.5 ± 0.1	0	31.5 ± 0.1
Coleoptera	<i>Zophoba morio</i>	Larva	1.4 ± 0.0	0	0	0	0	1.6 ± 0.1	38.8 ± 0.2	35.7 ± 0.4	24.0 ± 0.0	0	24.0 ± 0.0
Diptera	<i>Calliphora vicina</i>	Larva	0.2 ± 0.3	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.0	0.7 ± 0.1	0.4 ± 0.0	2.9 ± 0.0	28.5 ± 0.2	40.7 ± 0.4	24.1 ± 0.1	3.9 ± 0.3	28.0 ± 0.1
Diptera	<i>Chrysomya megacephala</i>	Larva	0.6 ± 0.0	0.4 ± 0.0	1.3 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0	2.3 ± 0.6	35.9 ± 1.2	30.6 ± 0.1	28.5 ± 0.5	2.9 ± 0.4	31.3 ± 0.7
Diptera	<i>Chrysomya megacephala</i>	Pupa	0.5 ± 0.0	0.7 ± 0.1	1.5 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.2 ± 0.2	3.0 ± 1.1	35.4 ± 0.6	35.4 ± 0.7	23.0 ± 0.3	3.2 ± 0.4	26.2 ± 0.1
Diptera	<i>Eristalis tenax</i>	Larva	0	0	0	0	0	6.5 ± 1.2	41.7 ± 1.4	50.3 ± 0.2	1.6 ± 0.0	0	1.6 ± 0.0
Diptera	<i>Hermetia illucens</i>	Larva	0.7 ± 0.1	0	0	0	0	0.1 ± 0.2	67.1 ± 0.6	16.9 ± 0.2	15.2 ± 0.4	0.7 ± 0.1	15.9 ± 0.6
Diptera	<i>Hermetia illucens</i>	Pupa	0	0	0	0	0	0.6 ± 0.0	65.8 ± 0.1	32.6 ± 0.1	1.1 ± 0.0	0	1.1 ± 0.0
Diptera	<i>Lucilia sericata</i>	Larva	0.4 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0	0	7.8 ± 0.3	27.8 ± 0.1	55.0 ± 0.1	8.8 ± 0.4	0.7 ± 0.0	9.5 ± 0.4
Diptera	<i>Lucilia sericata</i>	Pupa	0.3 ± 0.0	0	0.4 ± 0.0	0	0	6.0 ± 0.0	28.8 ± 0.4	54.3 ± 0.2	10.3 ± 0.1	0.7 ± 0.0	11.0 ± 0.1
Diptera	<i>Musca domestica</i>	Larva	0.3 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.1	0	0	7.2 ± 0.0	32.6 ± 0.1	52.7 ± 0.2	7.1 ± 0.0	0.5 ± 0.1	7.6 ± 0.1
Diptera	<i>Musca domestica</i>	Pupa	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.1	0	0	8.5 ± 0.1	30.0 ± 1.1	54.1 ± 0.8	7.0 ± 0.4	0.6 ± 0.1	7.5 ± 0.4
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Larva	0.8 ± 0.0	1.1 ± 0.1	0.8 ± 0.0	0	0	6.3 ± 0.1	27.1 ± 0.2	44.8 ± 0.1	19.2 ± 0.1	2.7 ± 0.1	21.9 ± 0.2
Diptera	<i>Protophormia terraenovae</i>	Pupa	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.9 ± 0.0	0	0	8.3 ± 1.9	26.6 ± 1.6	43.5 ± 0.1	19.2 ± 0.2	2.5 ± 0.0	21.7 ± 0.2
Orthoptera	<i>Acheta domestica</i>	Adulto	1.8 ± 0.0	0	0	0	0	1.3 ± 0.1	34.2 ± 0.1	21.3 ± 0.1	43.2 ± 0.1	0	43.2 ± 0.1
Orthoptera	<i>Anacridium aegyptium</i>	Adulto	17.9 ± 0.4	0	0	0	0	1.0 ± 0.0	30.3 ± 1.7	38.7 ± 1.0	30.0 ± 0.7	0	30.0 ± 0.7
Orthoptera	<i>Gryllus assimilis</i>	Adulto	1.8 ± 0.0	0	0.7 ± 0.1	0	0	1.0 ± 0.7	34.0 ± 0.6	27.5 ± 0.4	36.9 ± 0.2	0.7 ± 0.1	37.5 ± 0.3
Orthoptera	<i>Heteracris littoralis</i>	Adulto	19.4 ± 0.1	0	0.4 ± 0.0	0	0	2.7 ± 0.3	27.7 ± 0.6	27.6 ± 0.3	41.7 ± 0.1	0.4 ± 0.0	42.1 ± 0.1
Orthoptera	<i>Locusta migratoria</i>	Adulto	4.7 ± 0.1	0	0	0	0	0.1 ± 0.1	36.4 ± 0.1	47.8 ± 0.5	15.9 ± 0.4	0	15.9 ± 0.4

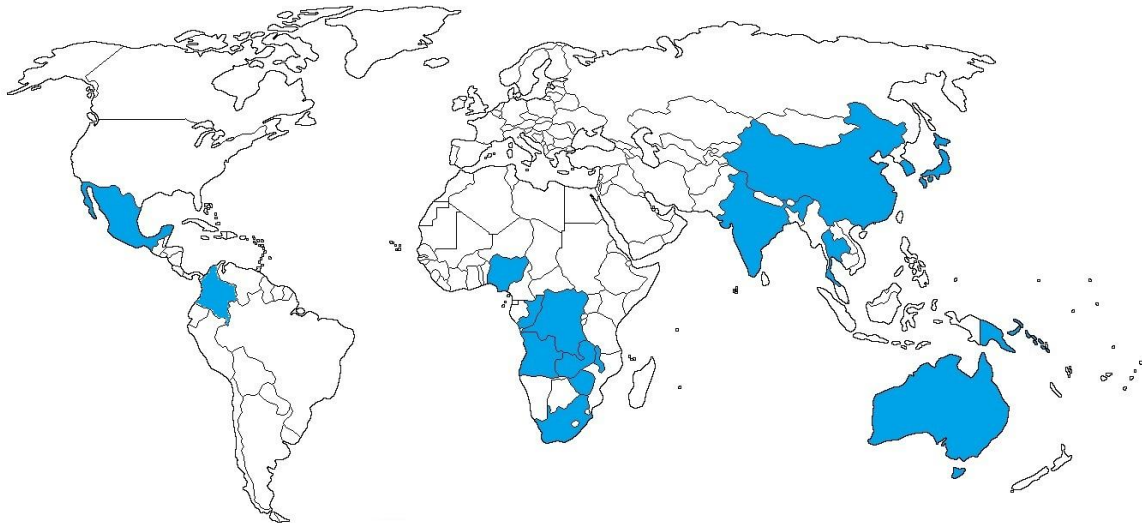
FUENTE: Barroso et. al., 2014.

B. Entomofagia

Se conoce como entomofagia, (del griego ἔντομος [éntomos], 'insecto', y φαγεῖν [fǎgein], 'comer') a la práctica que consiste en consumir insectos. Desde la prehistoria los seres humanos utilizan los insectos como fuente alimenticia en general, y especialmente como importante fuente de proteína (Mbah and Elekima, 2007). Hoy día el consumo de insectos es un sustituto de bajo coste de la carne y proporciona alimento a muchos grupos étnicos en países como Méjico, Colombia, Venezuela, Zaire, Angola, Congo, Sudáfrica, Zambia, Nigeria, Zimbabue, Sudán, Kenia, Malawi, Uganda, Australia, Japón, Tailandia, Malasia, Birmania, Corea, China e India. (Ramos-Elorduy et al., 2006, Srivastava et al., 2009).

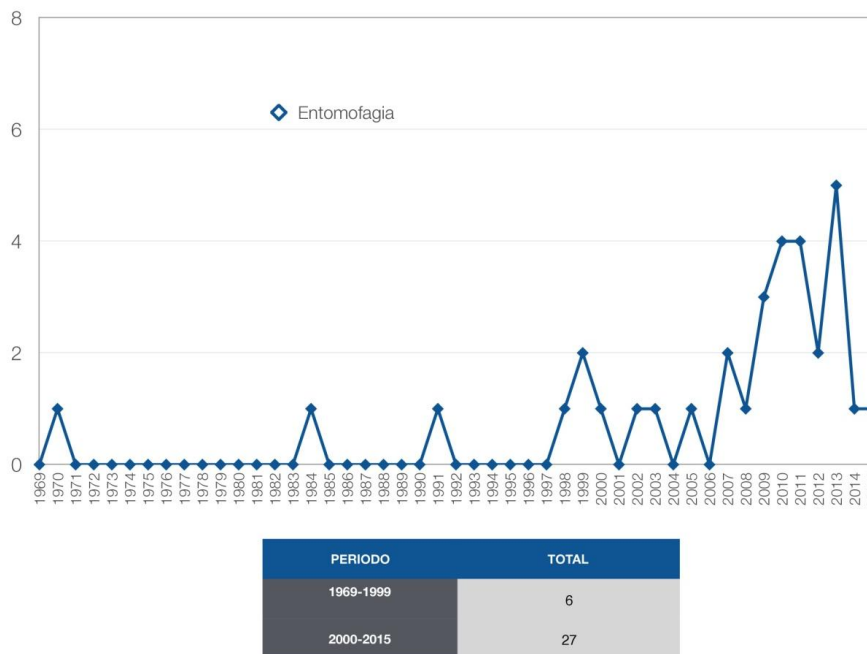
Los insectos han sido un elemento importante en la dieta humana en todo el mundo y a lo largo de la historia hasta la revolución del neolítico, donde se pasó de la vida nómada a la sedentaria, y posteriormente a la era industrial con el inicio de la agricultura intensiva (Belluco, 2013). Es en este contexto histórico el consumo de estos invertebrados se comenzó a asociar a plagas que todavía hoy hacen peligrar las cosechas y con ellas la seguridad alimentaria por lo que no son vistos como una fuente de alimento si no como un problema. En estos países industrializados su consumo se asocia a pobreza y periodos de hambruna (van Huis, 2003). Todo esto da lugar a una cierta neofobia alimentaria en torno a los insectos, es decir, la aversión a probar este tipo de alimentos (Verbeke, 2015).

Sin embargo, hay países que han continuado practicando la entomofagia hasta la actualidad (Fig. 19) por diversos motivos. . El uso generalizado de los insectos como alimento es tradicional de países tropicales y subtropicales, ya que proporcionan un significativo beneficio nutricional, económico y ecológica a las comunidades rurales (Doley y Kalita, 2011). En los países tropicales o subtropicales de África, Asia ó América los insectos son muy abundantes debido a la elevada humedad por lo que son una fuente de alimento siempre disponible y que no está sujeta a la estacionalidad. (Raubenheimer y Rothman, 2013). Otro factor importante es la disponibilidad de otras fuentes de proteínas, en el caso del continente americano no fue hasta la colonización cuando se comenzó a domesticar ganado (Matesanz, 1965) y en países de África el precio de la carne es muy elevado (Jacob et al., 2013). Por último, otro factor que se cree que ha influido en la continuidad de la entomofagia en estos países es el tamaño de los insectos en estas zonas ecuatoriales. Esta fuente de alimento es considerada una delicia en muchas regiones del mundo (Siriamornpun et. al., 2008) y un estudio revela que precisamente los insectos considerados plaga son muy nutritivos (Banjo et. al 2006).

Figura 19. Mapamundi de los países históricamente consumidores de insectos (azul)

FUENTE: Adaptación de Defoliart, 1999

En algunas regiones la captura e ingestión de insectos se cuantifica en toneladas dependiendo de la especie, y en kilogramos en otras regiones (Ramos-Elorduy, 2008). En un estudio llevado a cabo sobre este tema por Kitsa (1989) en un pequeño pueblo de 2006 habitantes en Zaire, obtuvo que consumían 120 toneladas/año de insectos, lo que significaba un promedio de 59,82 kg/persona/año o alrededor de 163 g/día.

Figura 20. Evolución del número de publicaciones a lo largo del tiempo

El planeta se encuentra en una situación compleja, con unos recursos limitados y ya sobreexplotados, y con una población humana que no cesa de crecer. Esto ha motivado que la FAO haya centrado su atención en los insectos, que por los motivos ya expuestos en la introducción, es más rentable y sostenible que la ganadería tradicional, para garantizar la seguridad alimentaria. Por eso, un recurso

alimenticio asociado hasta ahora con los países menos desarrollados está resultando tan atractivo en países desarrollados (Europa y EEUU). Este creciente interés en este campo se muestra en la figura 20. Aunque la entomofagia no sea muy abundante en citas bibliográficas, estas están creciendo a una mayor velocidad que otros aspectos (valor nutritivo o uso en alimentación animal), llegando a cuadruplicarse el número de publicaciones en los últimos 15 años con relación a los anteriores. En esta figura se puede apreciar también como el aumento las publicaciones se ha acelerado desde el año 2007.

Aunque en la distribución geográfica de esta citas bibliográficas de nuevo domina Asia (33%), en general están bastantes repartidas en todos los continentes (fig.21).

En la figura 22 se han diferenciado el nº de publicaciones sobre la entomofagia por países y por periodos. Es muy interesante no sólo el crecimiento en el nº de artículos, sino también el incremento en el nº de países que está estudiando últimamente este aspecto. Así, cuando hasta los años 80 sólo había publicaciones en 6 países, desde los años 2000 son 15 los implicados, destacando India y Méjico.

Fig. 21. Mapamundi que muestra la procedencia, por continentes, de las publicaciones relativas a entomofagia que se han analizado

Distribución mundial del nº de publicaciones en entomofagia

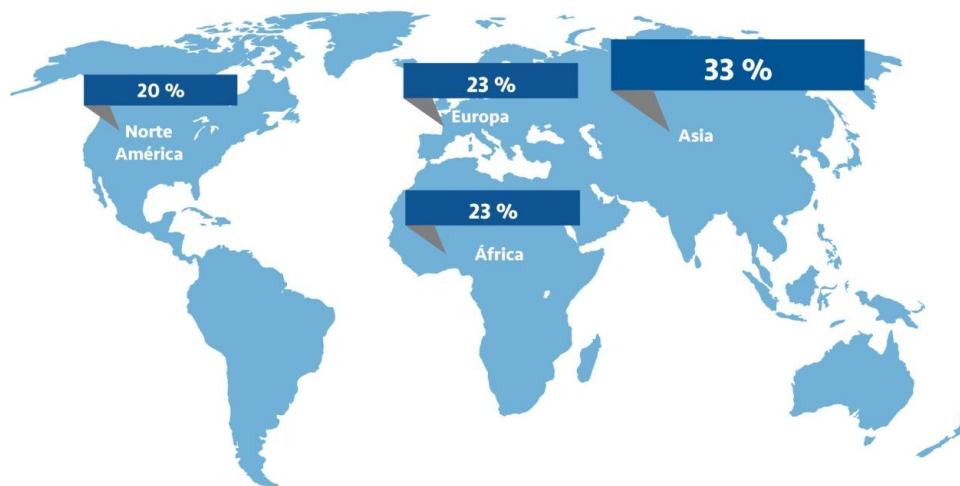
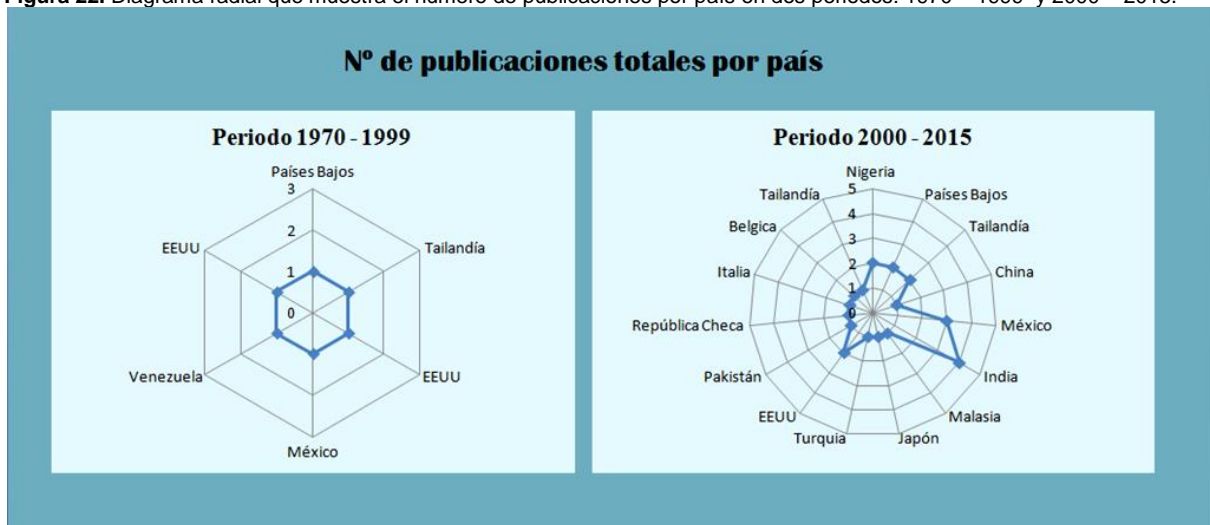


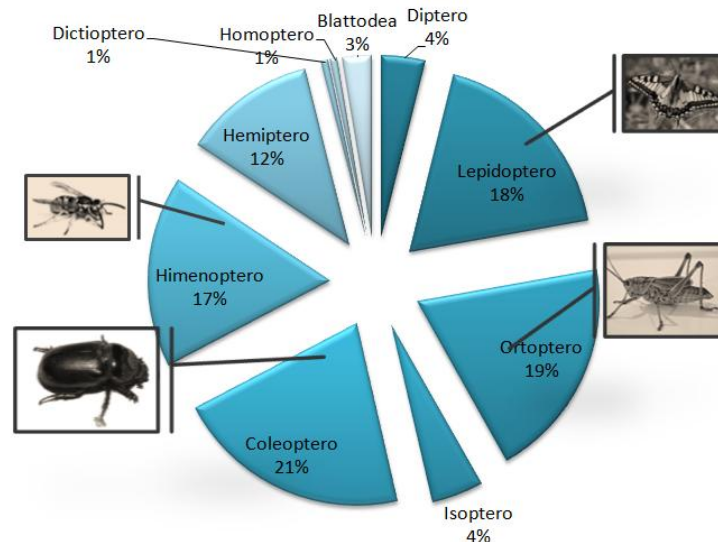
Figura 22. Diagrama radial que muestra el número de publicaciones por país en dos periodos: 1970 – 1999 y 2000 – 2015.

Según se desprende de la bibliografía revisada el número de especies de insectos estudiados es muy numeroso, y normalmente centrado en las especies locales e históricamente consumidas. Otro aspecto interesante a destacar es que, a diferencia de los artículos que abordan su aplicación en la alimentación animal, el número de especies estudiadas en cada artículo son muy numerosas, centrándose en estudios genéricos de valoración nutritiva o aceptación, sin centrarse en estudios experimentales concretos.

Los insectos comestibles pueden ser consumidos como larvas (por ejemplo, larvas de coleópteros, himenópteros o lepidópteros), como crisálidas (como las del gusano de seda) o como adultos (por ejemplo, saltamontes, grillos, hormigas y termitas). En la figura 23 se han clasificado los artículos según los órdenes estudiados. De nuevo vuelven a destacar cuatro órdenes si bien, al contrario que en lo que ocurría en la visión general, el reparto es más equitativo entre estos cuatro órdenes. En este caso el Orden Díptera es menos numeroso y cobra protagonismo los órdenes Coleóptera, Ortóptera, Lepidóptera e Himenóptera. Esto puede ser debido a lo mencionado anteriormente, que gracias a la abundancia y gran tamaño de estos individuos sea más fácil su recolección.

Figura 23. Muestra los órdenes a los que pertenecen los insectos que aparecen en mayor medida en la bibliografía analizada.

Órdenes que aparecen en mayor medida en las publicaciones sobre entomofagia



Dentro de los artículos clasificados en entomofagia la temática abordada es muy diversa. Pero podríamos subdividirlos en Para concluir se puede realizar una clasificación de las publicaciones encontradas en cuatro tipos y por tanto podemos hablar de cuatro líneas de investigación claras hacia las que está evolucionando la entomofagia en la literatura científica:

1. Una primera línea es la constituida por las publicaciones que estudian y profundizan en el conocimiento de las especies consumidas históricamente por las diferentes civilizaciones locales, llegando a acuñarse el término antropoentomofagia (Ramos-Elorduy, 2009). En esta línea podríamos destacar los estudios sobre los insectos consumidos en México (Acuña et al., 2011, Ramos-Elourdy, 2008; Ramos-Elourdy et al., 1982, 1984, 1997, 1998, 2004, 2006 et. al.), Nigeria (Jacob et al., 2013), India (Doley y Kalita, 2011), Tailandia (Yhoun-aree, 2010; Yhoun-aree et al., 1997), China (Chen et al, 2009), y Australia (Yen, 2010) entre otros.

2. Otra línea aborda, principalmente en los países desarrollados, todos los aspectos necesarios para establecer los insectos como una nueva fuente de alimento alternativo. Es decir, aspectos como establecer los estándares para producir estos insectos en masa en microgranaderías con las mínimas garantías higiénico-sanitaria, búsqueda de posibles transmisión de patógenos, presencia de alérgenos que puedan afectar al ser humano o aspectos legislativos. En este sentido, Belluco et al. (2013) hacen una profunda revisión sobre todos estos aspectos. Rumpold et al. (2014) han valorado diferentes procedimientos de descontaminación con objeto de asegurar la calidad y seguridad de los productos alimentarios procedentes de los insectos. Por su parte, Türkez et al. (2010) incluso

han estudiado la posible genotoxicidad de algunos insectos consumidos. Hasta el momento se desprende que los insectos no transmiten patógenos salvo algún hongo y que provocan alergias a las personas que también son alérgicos a los crustáceos (Belluco et al., 2013), (van Huis, 2003) y (Srinroch et al., 2015).

3. Hay una tercera línea que aborda la neofobia alimentaria que sufren los países occidentales con relación a los insectos, es decir, su rechazo a aceptarlos como un alimento nuevo por la predisposición a verlos como algo que causa rechazo (Looy y Wood, 2006; Looy et al., 2014). Estas publicaciones se apoyan en cuestionarios a diferentes grupos de edad. Por ejemplo, Caparros et al. (2014), estudiaron la aceptación de los insectos como recurso alimenticio por parte de los consumidores belgas, y Bednářová et al. (2013) realizó la encuesta en la población de la República Checa.

4. La sostenibilidad y rendimiento económico de las “microganaderías” en comparación a la ganadería tradicional es otra temática que está desarrollándose en los últimos años. Aquí se podrían citar los trabajos de Abbasi y Abbasi (2011). También Oonincx et al. (2010) han cuantificado la contribución de los insectos a la emisión de gases de efecto invernadero.

5. Otra línea, algo más novedosa es estudiar del potencial de los insectos como fuente de alimento en ambientes hostiles como pueden ser la central espacial internacional u otros planetas y en definitiva su idoneidad como fuente de alimentación gracias a los escasos requerimientos de agua y por su facilidad para aprovechar los desechos orgánicos (Hu et al., 2010).

C. Producción animal: piensos basados en insectos

Tal y como se expuso en la introducción, el aumento en el coste de los ingredientes de piensos convencionales es uno de los factores más importantes que están motivando la búsqueda de recursos alimenticios alternativos, que no compitan como alimento con el ser humano, con el fin de reducir el coste de los piensos fundamentalmente en la producción de las aves de corral y en las acuícolas (Okah y Onwujiariri, 2012).

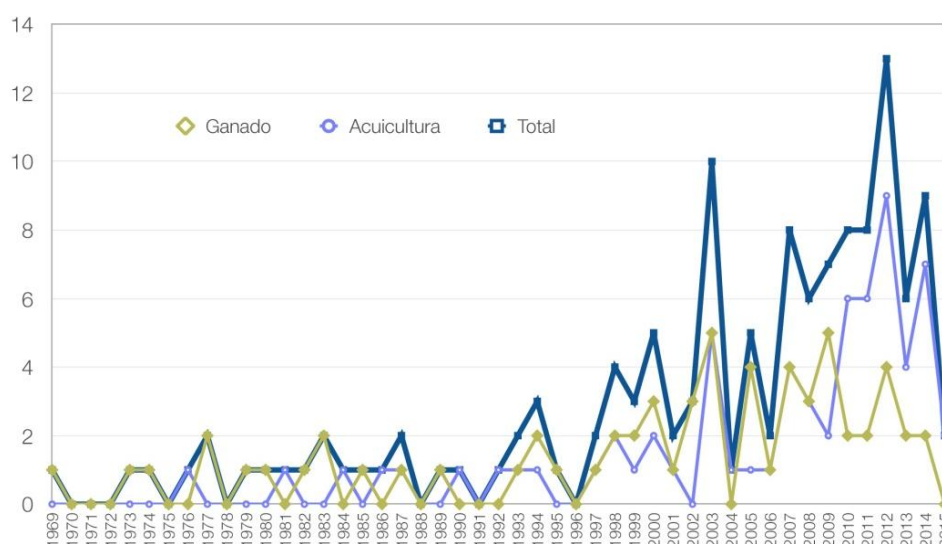
Para determinar el potencial nutritivo de los insectos los estudios no deben centrarse únicamente en su composición nutritiva, en aminoácidos o perfil de ácidos grasos. Son necesarios pruebas de alimentación en diferentes especies para valorar su verdadero potencial como alimento en las producciones animales.

Así Finke et al. (1985) argumentan que la evaluación de la calidad de un alimento a través de bioensayos es un indicador más preciso de los aminoácidos limitantes que a través de un simple análisis de aminoácidos. Cuando la calidad de proteína se evalúa mediante ensayos con animales, los mecanismos fisiológicos y vías

bioquímicas tienen más probabilidades de afectar al resultado final en la asimilación de la proteína que solo un dato del porcentaje relativo de cada aminoácido de cada especie de insecto (Khusro et al., 2012).

En la literatura científica encontramos cada vez más experimentos centrados en los insectos como componente de los piensos animales, investigaciones que se están desarrollando en paralelo al creciente coste de las materias primas tradicionales (López-Vergé et al., 2013). Este hecho se muestra claramente en la figura 24, donde se aprecia la evolución ascendente del número de artículos sobre los insectos como alimento para ganado y en la acuicultura.

Figura 24. Evolución del número de publicaciones relativas a la producción animal por medio del uso de piensos basados total o parcialmente en insectos.



PERIODO	GANADO	ACUICULTURA	TOTAL
1969-1999	22	13	35
2000-2015	41	54	95

El número de publicaciones en los últimos 15 años (2000-2015) se ha triplicado en relación con los 30 años anteriores (1969-1999). Además, es evidente que esta producción sigue aumentando; mientras que en los 8 primeros años del siglo 21 (2000-2007) hubo 34 trabajos, de los 8 años siguientes (2008 a 2015) ya eran 56.

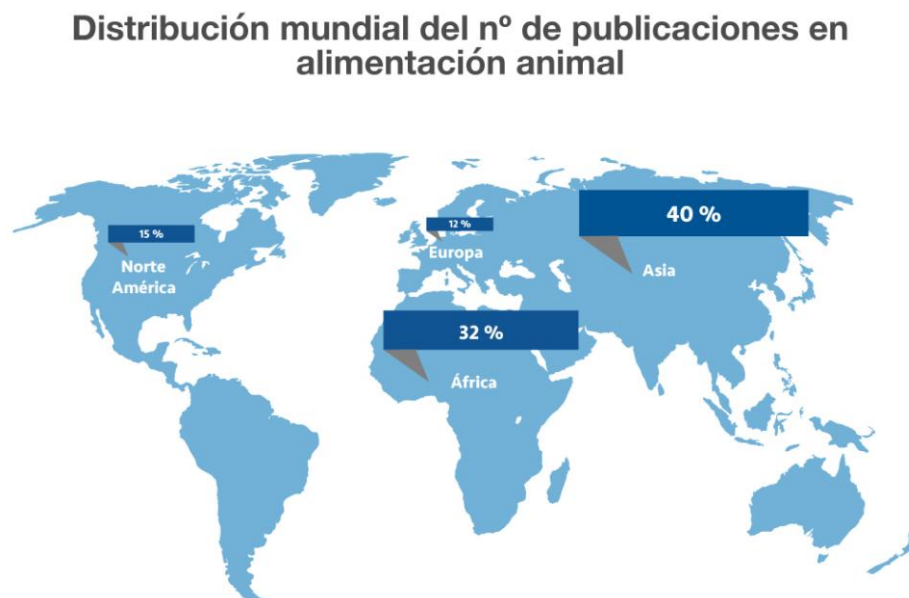
Otro aspecto importante es que está aumentando el interés científico en la producción acuícola. Así, mientras que en los últimos 15 años el número de experimentos de alimentación en la ganadería se han duplicado, en acuicultura se han cuadruplicado.

El creciente interés en los insectos como fuente de proteína alternativa es probablemente debido al aumento del costo y la disponibilidad limitada de la harina de pescado, que es el ingrediente proteico ideal en alimentación animal. Una posible explicación al mayor nº pruebas de alimentación con las harinas de insectos en la

acuicultura podría estar ser que el porcentaje de inclusión de la harina de pescado es muy superior en los piensos para peces que en los de pollos o cerdos.

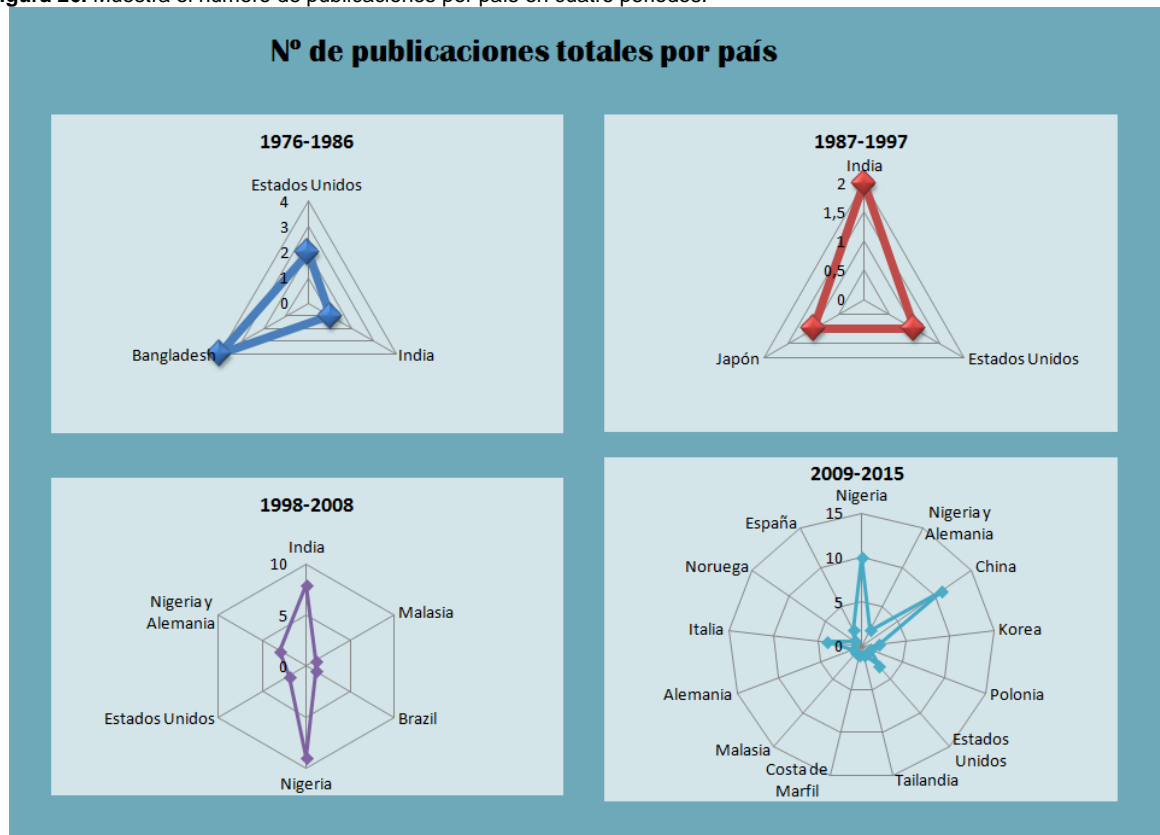
Aunque los experimentos se han desarrollado en 27 países, la mayoría de las publicaciones se llevan a cabo en 10 países asiáticos (40%) y 7 africanos (34%) (Figura 25). En Asia, podríamos destacar a la India (15% mundial) y China (12% mundial). Sin embargo, en África prácticamente la mayoría de los ensayos de alimentación se han llevado a cabo en Nigeria (29% mundial). Parece claro que es en este país africano donde ha habido un mayor interés por valorar el potencial de los insectos en la alimentación animal, ya que prácticamente un tercio de las publicaciones mundiales se han hecho en Nigeria.

Figura 25. Mapamundi que indica el origen, en porcentajes, de las publicaciones analizadas en relación a la alimentación animal.



También destacarse que en los Estados Unidos se han llevado a cabo el 12% de los ensayos, y sin embargo su trayectoria es descendente, ya que antes del 2000 se llevaron a cabo 10 experimentos, y tan sólo 4 después de esa fecha. Por el contrario, en los países europeos en los últimos años parece haber un creciente interés, porque 12 (de un total de 13 artículos) se han realizado después del 2000.

Si analizamos qué países encabezan la producción científica en relación con la producción animal nos encontramos con Nigeria, China e India (Fig. 26).

Figura 26. Muestra el número de publicaciones por país en cuatro periodos.

Las especies de insectos que más aparecen en la literatura y que presumiblemente más se están utilizando en producción animal son principalmente cuatro: *Bombyx mori*, *Musca domestica*, *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor*, todas ellas en fase larvaria.

Se ha evaluado el potencial nutricional de hasta 24 especies diferentes de insectos pertenecientes a 6 órdenes diferentes: Blatodeos, Coleópteros, Dípteros, Isópteros, Lepidópteros y Ortópteros. Sin embargo, la mayoría de las publicaciones han evaluado especies del orden Dípteros (48%) y Lepidópteros (29%) (Figura 27). Siendo la gran mayoría de ellos basados en *Musca domestica* y *Bombyx mori*. No obstante, de nuevo se observan claras diferencias entre los insectos evaluados en los ensayos de alimentación en la ganadería y en la acuicultura. En el ganado, hay un claro dominio de trabajos con *Musca domestica* (43%), seguido de *Bombyx mori* (15%). Sin embargo, en la acuicultura que el dominio no es tan claro. Es decir, aunque los trabajos con *Musca* (34%) son más abundantes, el número de experimentos que evaluaron a *Bombyx mori* (29%) eran muy similares, y artículos investigando otras especies (como *Hermetia illucens* o *Tenebrio molitor*) también eran frecuentes.

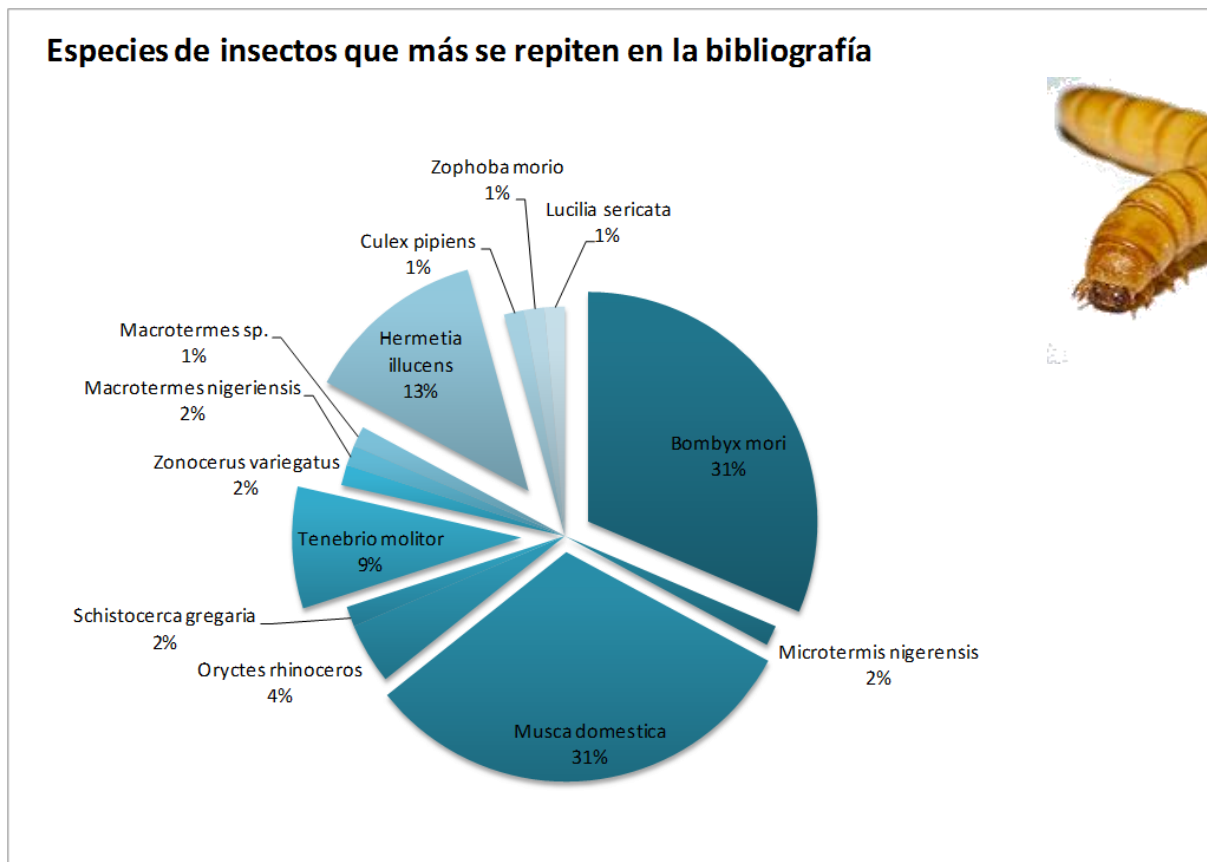
Figura 27. Especies que más se repiten en la producción científica sobre acuicultura.

Foto: Tenebrio molitor @AJCann (2015)

❖ Ensayo de alimentación con insectos en la producción avícola

Si se analizan todos los trabajos sobre los insectos como alimento en la avicultura, destaca que se han desarrollado más en los países en vías de desarrollo. Una posible razón podría ser que, como apuntan Kathun et al (2003), para producir unos pienso balanceados hay un limitado número de ingredientes disponibles. Además la harina de pescado, fuente de proteína convencional, es escasa y cara, y puede que incluso con residuos de pesticidas (Khatun et al., 2003). Por tanto, en estos países es especialmente importante la búsqueda de ingredientes no convencionales que incrementen el rendimiento de las producciones avícolas.

En contraste con la producción de rumiantes, el principal problema al que se enfrenta la industria avícola es el suministro de alimentos que contengan todos los nutrientes que necesitan las aves para crecer rápidamente en un corto período de tiempo (Oyegoke et al., 2006). Esto se debe a que las aves de corral son animales monogástricos; por lo tanto, carecen de la compleja fisiología digestiva de los rumiantes para la síntesis de proteínas y vitaminas (Adeniji, 2007). Por esta razón las dietas a base de harina de soja como fuente principal de proteína se suministran

junto con harina de pescado, que cubre el déficit de aminoácidos de las proteínas vegetales (Miles y Jacobs, 1997). Es decir, la harina de pescado es un ingrediente muy importante en la alimentación de los broilers (Ijaiya y Eko, 2009).

La búsqueda de proteínas alternativas y sostenibles es un tema de gran importancia que necesita soluciones viables en el corto plazo, por lo que los piensos basados en insectos es una opción cada vez más atractiva para la alimentación de aves de corral (Makinde, 2015). A diferencia de los peces, las aves silvestres y las aves de corral con libertad de movimiento consumen una gran diversidad de insectos en su hábito alimentario natural (Zuidhof et al., 2003), especialmente en sus primeras etapas de vida. Los pollos, por ejemplo, buscan y cosechan tanto larvas como imagos de insectos entre la hojarasca y la capa superficial del suelo (Van Huis et al., 2013).

Si realizamos una visión global de los trabajos sobre los insectos como alimento en las producciones avícolas, podríamos sacar algunas conclusiones:

- Aunque hay muchos estudios, la mayoría de los artículos no son comparables entre sí. La diversidad de especies de insectos, sistema de cría de insectos, diferentes dietas de control, número de pollos, condiciones ambientales, etc. no permiten que se pueden extraer conclusiones definitivas.
- La mayor parte de los experimentos fueron desarrollados en los países en vías de desarrollo. Una posible razón podría ser que, como señalaron Kathun et al. (2003), que en esos países el número de ingredientes disponibles para elegir en la formulación de dietas equilibradas es limitado. Además de la harina de pescado, es más escasa y costosa, e incluso puede contener hasta pesticidas letales (Khatun et al., 2003). Por lo tanto, en estos países, si se quiere aumentar la rentabilidad de la producción de aves de corral, la búsqueda de los ingredientes no convencionales para piensos es especialmente relevante.
- Son estudiadas especialmente las especies de insectos autóctonas de cada zona. Algunas especies han sido tradicionalmente consumidas por los seres humanos (Nigeria) o son subproductos (por ejemplo, pupas del gusano de seda), pero que no habían sido probados previamente en broilers.
- La literatura disponible confirma la posibilidad de sustituir total o parcialmente la harina de pescado por harina de insectos, pero los porcentajes de inclusión no son muy elevados. Los mayores porcentajes de inclusión han sido apuntados en algunos ensayos con Ortópteros, hasta un 30% (Defoliart et al, 1982;. Finke et al., 1985). En *Musca domestica*, la mayoría de los ensayos indican que la sustitución parcial o incluso total de la harina de pescado por insectos es posible, aunque la tasa de inclusión óptima es generalmente menor del 10% (Makkar et al., 2014). Tasas más altas han provocado un menor consumo y rendimiento, tal vez debido a

una disminución en la palatabilidad, ya que el color más oscuro del pienso puede resultar menos atractivo para los pollos (Atteh y Ologbenla, 1993; Bamgbose, 1999).

- Hay varios estudios que han realizado una valoración económica. Así Dutta et al. (2012), Khatun et al. (2003), Khatun et al. (2005), Ijaiya y Eko (2009), Sheikh y Sapkota (2007) han estimado que, en la producción avícola, se obtiene una mayor ganancia al sustituir la harina de pescado o concentrado de proteína por la harina de las pupas gusanos de seda. Por lo que, si se quiere aumentar los beneficios económicos, la harina de este insecto podría ser un buen sustituto de la escasa y cara harina de pescado en las dietas de broilers (Ijaiya y Eko, 2009). Del mismo modo, Akpodiete y Inoni (2000), Awoniyi et al. (2003) y Tegua et al. (2002) concluyeron que desde el punto de vista económico, la harina de gusano podría reemplazar a la harina de pescado o al maíz (Adesina et al, 2011) sin tener ningún efecto negativo en el rendimiento productivo de las aves. Según Atteh y Ologbenla (1993), el coste de la recolección y el procesamiento de los gusanos, era un 83,3% más barato que el mismo peso equivalente de harina de pescado.

❖ Ensayo de alimentación con insectos en la producción acuícola

Aunque globalmente parezca que hay un gran número de ensayos de alimentación con insectos como ingrediente en los pienso para acuicultura, en realidad si se analizan por especies acuícolas investigadas se aprecia lo limitado que es el conocimiento actual sobre este tema.

En la figura 28 se indican el número de ensayos realizados en cada especie de pez. En general, las especies pertenecientes al orden Siluriformes o peces gato (Familias Bagridae, Clariidae, Heteropneustidae, Ictaluridae) son los más estudiados con 21 artículos, seguido por las tilapias (Familia Cichlidae) con 14, y las carpas (Familia Cyprinidae) con 14 también. Es sorprendente que especies como el salmón, trucha o la dorada, con cientos de ensayos sobre su alimentación en la bibliografía científica, sólo tenga 1 o 2 con los insectos como alimento. Esto nos muestra el enorme camino que nos queda por recorrer en este campo.

Figura 28. Número de artículos publicados en relación a las especies de peces.

Familia	Especie	nº artículos
Familia Bagridae (peces gato)	<i>Pelteobagrus vachellii</i>	1
Familia Cichlidae (tilapias)	<i>Oreochromis niloticus</i>	14
Familia Clariidae (peces gato)	<i>Clarias anguillaris</i>	2
	<i>Clarias batrachus</i>	3
	<i>Clarias gariepinus</i>	11
	<i>Heterobranchus bidorsalis</i>	1
	<i>Heterobranchus longifilis</i>	4
Familia Cyprinidae (carpas)	<i>Barbonymus gonionotus</i>	1
	<i>Carassius gibelio</i>	1

	<i>Cyprinus carpio</i>	6
	<i>Labeo rohita</i>	3
	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	1
	<i>Tor khudree</i>	1
	<i>Tor putitora</i>	1
Familia Heteropneustidae (peces gato)	<i>Heteropneustes fossilis</i>	1
Familia Ictaluridae (peces gato)	<i>Ameiurus melas</i>	1
	<i>Ictalurus punctatus</i>	3
Familia Lateolabracidae (lubinas)	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1
Familia Moronidae (lubinas)	<i>Dicentrarchus labrax</i>	1
Familia Osphronemidae (guramis)	<i>Trichogaster pectoralis</i>	1
Familia Paralichthyidae (lenguados)	<i>Paralichthys olivaceus</i>	1
Familia Salmonidae (truchas y salmones)	<i>Oncorhynchus keta</i>	1
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	5
	<i>Salmo salar</i>	1
Familia Scophthalmidae (rodaballos)	<i>Psetta maxima</i>	1
Familia Sparidae (esparidos, doradas)	<i>Sparus aurata</i>	2

Al analizar los diferentes ensayos sobre los insectos en la alimentación de peces es difícil obtener conclusiones claras debido a la variedad de especies de peces e insectos examinados en los estudios de formulación de la dieta, ingredientes, etc. En general, los resultados mostraron que los insectos podrían desempeñar un papel importante en la alimentación de la acuicultura. Sin embargo, se necesita un conocimiento sustancial para utilizar con éxito los insectos como alternativas a la harina de pescado. Todos estos estudios indican la necesidad de ampliar la investigación en los siguientes puntos clave:

- Determinar las especies de insectos más adecuados para cada especie de pez.
- Evaluar y desarrollar un mayor número de especies de insectos, así como los métodos para su producción en masa y lograr su rentabilidad económica, que permita competir con otros ingredientes comunes en alimentación animal.
- Es necesario evaluar cómo influye la harina de insectos en la calidad muscular de los peces.
- Estudiar cuáles pueden ser las técnicas de administración más eficiente: molido, entero, vivo, etc.
- Analizar cómo los diferentes sistemas de cría en masa pueden afectar a la composición nutritiva de los insectos.
- Evaluar el porcentaje óptimo de sustitución de la harina de pescado por la del insecto en cada caso.
- Probar diferentes estrategias para mejorar los valores nutritivos de los insectos por medio de modificaciones en su alimento.

5. Conclusiones

- El uso de insectos como alimento está experimentando un auge debido a la necesidad de buscar soluciones a la inseguridad alimentaria provocada por el aumento de la población mundial que además está acabando con los recursos naturales. Este creciente interés está propiciando su globalización.
- La legalización de los insectos en Europa va a suponer la apertura del mercado a esta nueva fuente de alimento.
- Su composición nutricional los hace un ingrediente válido para los piensos en ganadería y acuicultura si bien es necesario evaluar cuál puede ser el porcentaje óptimo de sustitución.
- Su uso como pienso para animales supone un ahorro económico importante debido al elevado precio de la harina de pescado.
- Su cría en masa es mucho más medioambientalmente sostenible que el modelo actual de macroganaderías.

6. Índice de figuras

Nº Figura	Descripción	Página
Figura 1	Eficiencia de producción de carne convencional y grillos	Pág. 6
Figura 2	Proyección del consumo de carne y lácteos	Pág. 8
Figura 3	Proyecciones del consumo de productos pecuarios según las estimaciones de población de 2002, por miles de millones de personas	Pág. 9
Figura 4	Producción de CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ equivalente y NH ₃ por kilogramo de masa ganada para cinco especies de insectos, cerdos y ganado vacuno	Pág. 10
Figura 5	Destino final de las capturas mundiales de pescado	Pág. 10
Figura 6	Toneladas de pescado capturado y producido. La línea muestra el porcentaje de contribución de la acuicultura	Pág. 11
Figura 7	Muestra los insectos que se comercializan legalmente en Bélgica, aprobados por la Agencia Federal para la Seguridad de la Cadena Alimentaria.	Pág. 13
Figura 8	Parámetros de búsqueda utilizados para los tres bloques principales en los que se ha estructurado el artículo	Pág. 15
Figura 9	Cronograma del proyecto con cada una de las fases del mismo	Pág. 15
Figura 10	Evolución de las publicaciones relacionadas con los insectos como fuente de alimento	Pág. 17
Figura 11	Mapamundi que muestra la procedencia, por continentes, del total de las publicaciones analizadas	Pág. 18
Figura 12	Diagrama radial que indica el número de publicaciones de cada país en dos periodos	Pág. 18
Figura 13	Muestra los órdenes de insectos que más se repiten en el total de la bibliografía consultada	Pág. 19
Figura 14	Evolución del número de publicaciones relativas a la composición nutricional de los insectos	Pág. 20
Figura 15	Origen de las publicaciones analizadas	Pág. 21
Figura 16	Composición aproximada de varias especies de insectos	Pág. 24 a 26
Figura 17	Contenido en aminoácidos de varias especies de insectos	Pág. 27
Figura 18	Contenido en ácidos grasos de varias especies de insectos	Pág. 28 a 29
Figura 19	Mapamundi de los países históricamente consumidores de insectos	Pág. 31
Figura 20	Evolución del número de publicaciones a lo largo del tiempo	Pág. 31
Figura 21	Mapamundi que muestra la procedencia, por continentes, de las publicaciones relativas a entomofagia que se han analizado	Pág. 32
Figura 22	radial que muestra el número de publicaciones por país en dos periodos: 1970 – 1999 y 2000 – 2015	Pág. 33
Figura 23	Muestra los órdenes a los que pertenecen los insectos que aparecen en mayor medida en la bibliografía analizada	Pág. 34
Figura 24	Evolución del número de publicaciones relativas a la producción animal por medio del uso de piensos basados total o parcialmente en insectos	Pág. 36
Figura 25	Mapamundi que indica el origen, en porcentajes, de las publicaciones analizadas en relación a la alimentación animal	Pág. 37
Figura 26	Muestra el número de publicaciones por país en cuatro periodos	Pág. 38
Figura 27	Especies que más se repiten en la producción científica sobre acuicultura	Pág. 39
Figura 28	Número de artículos publicados en relación a las especies de peces	Pág. 41

7. Bibliografía

- FAO (2004) Protein Sources for the Animal Feed Industry En *FAO Animal Production and Health Proceedings*. FAO, Bangkok, 29 Abril-3 Mayo 2002.
- FAO (2014) *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* 2014. Roma. 253 págs.
- Fda.gov (2015). *Defect Levels Handbook*. [online] Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/SanitationTransportation/ucm056174.htm#CHPT6> [Última consulta en Noviembre de 2015].
- Nicholson, J. (2015). *INFORME sobre la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los nuevos alimentos (COM(2013)0894 – C7-0487/2013 – 2013/0435(COD))*. [online] Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A8-2014-0046+0+DOC+PDF+V0//ES> [Última consulta el 9 Nov. 2015].
- Paoletti MG, Dreon A. (2005). *Minilivestock environment, sustainability, and local knowledge disappearance*. En: Paoletti MG, editor. *Ecological implication of minilivestock*. Enfield, N.H.: Science Publisher. p 1–18.
- Porter, J.R., et.al., (2014) Food security and food production systems. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, pp. 485-533.
- Raubenheimer, D. and Rothman, J. (2013) Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annual Review of Entomology*, 58(1), pp.141-160
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y De Haan, C.P.R.F. (2006) *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. FAO, Rome Italy.
- U.S. Census Bureau, International Population Reports WP/02, Global Population Profile: 2002, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 2004. Accesible en: <https://www.census.gov/population/international/files/wp02/wp-02.pdf> [Última consulta en Mayo de 2015]
- van Huis, A. (2003) Insects as food in sub-saharan Africa. *Insect Sci. Applic.* , 23, 163–185.
- van Huis, A. (2013b). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 58(1), pp.563-583.
- van Huis, A. ; Van Itterbeeck, J. ; Klunder, H. ; Mertens, E. ; Halloran, A. ; Muir, G. ; Vantomme, P., 2013a. Edible insects - Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171
- van Itterbeeck, J. y van Huis, A. (2012). *Environmental manipulation for edible insect procurement: a historical perspective*. *J Ethnobiology Ethnomedicine*, 8(1), p.3.

- Ladrón de Guevara, O., Padilla, P., García, L., Pino, J.M. & Ramos-Elorduy, J. (1995) *Amino acid determination in some edible Mexican insects*. *Amino Acids*, 9, 161-173.
- Ramos-Elorduy, J., Bourges, H. & Pino, J.M. (1982) *Valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles de México*. *Folia Entomológica Mexicana*, 53, 111-118.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M., Escamilla, E., Alvarado, M., Lagunez, J. & Ladrón de Guevara, O. (1997) *Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 142-157.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M. & González, O. (1981) *Digestibilidad in vitro de algunos insectos comestibles de México*. *Folia Entomológica Mexicana*, 49, 141-152.
- Ramos-Elorduy, J., Pino-Moreno, J.M. & Márquez-Mayaudon, C. (1984) *Protein content of some edible insects in Mexico*. *Journal of Ethnobiology*, 4, 61-72.
- Bernard, J.B., Allen, M.E. & Ullrey, D.E. (1997) *Feeding captive insectivorous animals: nutritional aspects of insects as food*. Nutrition advisory group handbook. Fact sheet 003. Scientific Advisory Group to the American Zoo and Aquarium Association.
- Finke, M.D. (2002) *Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores*. *Zoo Biology*, 21, 269-285.
- Finke, M.D. (2007) *Estimate of chitin in raw whole insects*. *Zoo Biology*, 26, 105-115.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M. & Correa, S.C. (1998) *Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo*. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie zoología*, 69, 65-104.
- Fasakin, E.A., Balogun, A.M. & Ajayi, O.O. (2003) *Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings*. *Aquaculture Research*, 34, 733-738.
- Tegua, A. & Beynen, A.C. (2005) *Alternative feedstuffs for broilers in Cameroon*. *Livestock Research for Rural Development*, 17, Art. #34
- Ramos-Elorduy, J., Medeiros, E. & Ferreira, J. (2006) *Estudio comparativo del valor nutritivo de varios coleoptera comestibles de México y *Pachymerus nucleorum* (Fabricius, 1792) (Bruchidae) de Brasil*. *Interciencia*, 31, 512-516.
- Barker, D., Marianne, P., Fitzpatrick, D. & Dierenfeld, E.S. (1998) *Nutrient composition of selected whole invertebrates*. *Zoo Biology*, 17, 123-134.
- Barroso, F.G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A. & Pérez-

- Bañón, C. (2014) *The potential of various insect species for use as food for fish*. *Aquacultres*, 422-423, 193-201.
- Hall, G.M. (1992) *Fish processing technology* En *Fishery by-products* (Ockerman, H.W. ed.), pp. 155-192. VCH publishers, New York, USA.
- Keller, S. ed. (1990) *Making profits out of seafood wastes. Proceedings of the International Conference on Fish By-Products Anchorage*, University of Alaska Sea Grant, Alaska.
- Conconi, E. (1993) *Estudio comparativo de 42 especies de insectos comestibles con alimentos convencionales en sus valores nutritive, caloric, proteinnico y de aminoácidos hacienda énfais en la aportación de aminoácidos esenciales y su papel en el metabolismo humano*. PhD Thesis. Facultad de Ciencias UNAM, México, D.F., pp. 71. Tesis Facultad de Ciencias UNAM, México, D.F.
- Ramos-Elorduy, J. (2008) *Energy supplied by edible insects from mexico and their nutritional and ecological importance*. *Ecology of Food and Nutrition*, 47, 280-297.
- Bukkens, S.G.F. (1997) *The nutritional value of edible insects*. *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 287-319.
- Akinnawo, O. & Ketiku, A.O. (2000) *Chemical composition and fatty acid profile of edible larva of Cirina forda (westwood)*. *African Journal of Biomedical Research*, 3, 93-96.
- Beenackers, A.M.T. & Scheres, J.M.J.C. (1971) *Dietary lipids and lipid composition of the fat-body of locusta migratoria*. *Insect Biochemistry*, 1, 125-129.
- Ekpo, K.E. & Onigbinde, A.O. (2007) *Characterization of lipids in winged reproductives of the Termite Macrotermis bellicosus*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6, 247-251.
- Finke, M.D. (2002) *Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores*. *Zoo Biology*, 21, 269-285.
- Katayama, N., Ishikawa, Y., Takaoki, M., Yamashita, M., Nakayama, S., Kiguchi, K., Kok, R., Wada, H. & Mitsuhashi, J. (2008) *Entomophagy: A key to space agriculture*. *Advances in Space Research*, 41, 701-705.
- Srinroch, C., Srisomsap, C., Chokchaichamnankit, D., Punyarit, P. and Phiriyangkul, P. (2015). "Identification of novel allergen in edible insect, *Gryllus bimaculatus* and its cross-reactivity with *Macrobrachium spp. allergens*" [Food Chem. 184 (2015) 160-166]. *Food Chemistry*, 188, p.673.

- Srinroch, C., Srisomsap, C., Chokchaichamnankit, D., Punyarit, P. and Phiriyangkul, P. (2015). *Identification of novel allergen in edible insect, Gryllus bimaculatus and its cross-reactivity with Macrobrachium spp. allergens*. Food Chemistry, 184, pp.160-166.
- Türkez, H., İncekara, U. & Erman, O. (2010) *Biomonitoring of the genotoxic potentials of two edible insects species in vitro*. Türk. entomol. derg., 34, 411-417.
- Rumpold, B.A., Fröhling, A., Reineke, K., Knorr, D., Boguslawski, S., Ehlbeck, J. & Schlüter, O. (2014) *Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (Tenebrio molitor)*. Innovative Food Science & Emerging Technologies.
- Yen, A.I. (2010) *Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects* En *Forest insects as food: humans bite back* (Durst, P.B., et al. eds.), pp. 65-127. FAO, Bangkok, Thailand.
- Yhung-aree, J. (2010) *Edible insects in Thailand: nutritional values and health concerns* En *Forest insects as food: humans bite back* (Durst, P.B., et al. eds.), pp. 201-216. FAO, Bangkok, Thailand.
- Yhung-Aree, J., Puwastien, P. & Attig, G.A. (1997) *Edible insects in Thailand: An unconventional protein source?* Ecology of Food and Nutrition, 36, 133-149.
- Chen, X., Feng, Y. & Chen, Z. (2009) *Common edible insects and their utilization in China*. Entomological Research, 39, 299-303.
- Acuña, A.M., Caso, L., Aliphath, M.M. & Vergara, C.H. (2011) *Edible insects as part of the traditional food system of the popoloca town of Los Reyes Metzontla, Mexico*. Journal of Ethnobiology 31, 150–169.
- Ramos-Elorduy, J. (2009) *Anthropo-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability*. Entomological Research, 39, 271-288.
- Kitsa, K. (1989) *Contribution des insectes comestibles à l'amélioration de la ration alimentaire au Kasai-Occidental*. Zaïre-Afrique: économie, culture, vie sociale, 29, 511–519.
- Banjo AD, Lawal OA, Songonuga EA. 2006. *The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria*. African Journal of Biotechnology 5:298-301
- Siriamornpun S, Thammapat P. 2008. *Insects as a Delicacy and a Nutritious Food in Thailand*. In *Using Food Science and Technology to Improve Nutrition and Promote National Development* [ONLINE] <http://iufost.org/selected-case-studies>, ed. GL Robertson, JR Lupien: International Union of Food Science & Technology.

Jacob, A., Emenike, A., Kayode, A., Olusegun, O., Uzoma, A. and Rukayat, K. (2013). *Entomophagy: A Panacea for Protein-Deficient-Malnutrition and Food Insecurity in Nigeria*. Journal of Agricultural Science, 5(6).

Matesanz, José, *Introducción de la ganadería en Nueva España (1521 – 1535)*, Historia Mexicana, vol. 14, núm. 4, abril de 1965, pp. 533-566.

Doley, A.K., Kalita, J., 2011. *An investigation on edible insects and their role in Socio-economic development of rural communities: A case study on Edible insects of Dhemaji District of Assam (India)*. Social Science Researcher 1, 1-11.

Verbeke, W. (2015). *Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society*. Food Quality and Preference, 39, pp. 147-155.

Srivastava, S.K., Babu, N. & Pandey, H. (2009) *Traditional insect bioprospecting - As human food and medicine*. Indian Journal of Traditional Knowledge, 8, 485-494.

Mbah, C.E. & Elekima, G.O.V. (2007) *Nutrient composition of some terrestrial insects in Ahmadu Bello University, Samaru Zaria Nigeria*. Science World Journal, 2, 17-20.

Yhoun-aree, J. (2010) *Edible insects in Thailand: nutritional values and health concerns* En *Forest insects as food: humans bite back* (Durst, P.B., et al. eds.), pp. 201-216. FAO, Bangkok, Thailand.

Yhoun- Aree, J., Puwastien, P. & Attig, G.A. (1997) *Edible insects in Thailand: An unconventional protein source?* *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 133-149.

Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C.C., Paoletti, M.G. & Ricci, A. (2013) *Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 296-313.

Rumpold, B.A., Fröhling, A., Reineke, K., Knorr, D., Boguslawski, S., Ehlbeck, J. & Schlüter, O. (2014) *Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (Tenebrio molitor)*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 232–241.

Looy, H. y Wood, J.R. (2006) *Attitudes toward invertebrates: Are educational "bug banquets" effective?* *Journal of Environmental Education*, 37, 37-48.

Looy, H., Dunkel, F.V. & Wood, J.R. (2014) *How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways*. *Agriculture and Human Values*, 131–141.

Abbasi, T. & Abbasi, S.A. (2011) *A more sumptuous and sustainable source of animal protein than macrolivestock: edible insects* In *World Resources Forum: Shaping the Future of our Natural Resources – Towards a Green Economy* Davos, Switzerland,

Oonincx, D.G.A.B., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M.J.W., van den Brand, H., van Loon, J.J.A. & van Huis, A. (2010) *An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production*

by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE*, 5, e14445.

Okah, U. & Onwujiariri, E.B. (2012) Performance of finisher broiler chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal. *J. of Agri. Tech.*, 8, 471-477.

Finke, M.D., Sunde, M.L. & DeFoliart, G.R. (1985) An evaluation of the protein quality of mormon cricket (*Anabrux simplex* H.) when used as a high protein feedstuff for poultry. *Poultry Science*, 64, 708-712.

Khusro, M., Andrew, N. R., y Nicholas, A. (2012). Insects as poultry feed: A scoping study for poultry production systems in Australia. *World's Poultry Science Journal*, 68(3), 435-446.

López-Vergé, S., Barroeta, A.C., Riudavets, J. & Rodríguez-Jerez, J.J. (2013) Utilization of *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) larvae as a dietary supplement for the production of broiler chickens. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72, E315.

Khatun, R., Howlider, M.A.R., Rahman, M.M. & Hasanuzzama, M. (2003) *Replacement of fish meal by silkworm pupae in broiler diets*. *Pak. J. Bio. Sci.*, 6, 955-758.

Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P. (2014) *State-of-the-art on use of insects as animal feed*. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.

Atteh, J.O. y Ologbenla, F.D. (1993) *Replacement of fish meal with maggots in broiler diets: effects on performance and nutrient retention*. *Nigerian J. Anim. Prod.*, 20, 44-49.

Bamgbose, A.M. (1999) *Utilization of maggot-meal in cockerel diets*. *Indian J. Anim. Sci.*, 69, 1056-1058.

Sheikh, I.U. y Sapkota, D. (2007) *Economy of feeding muga silk worm pupape meal in the diet of broilers*. *Indian Veterinary Journal*, 84, 722-724.

Ijaiya, A.T. & Eko, E.O. (2009) *Effect of Replacing Dietary Fish Meal with Silkworm (*Anaphe infracta*) Caterpillar Meal on Performance, Carcass Characteristics and Haematological Parameters of Finishing Broiler Chicken*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8, 850-855.

Akpodiete, O.J. & Inoni, O.E. (2000) *Economics of production of broiler chickens fed maggot meal as replacement for fish meal*. *Nigerian J. Anim. Prod.*, 27, 59-63.

Awoniyi, T.A.M., Aletor, V.A. & Aina, J.M. (2003) *Performance of broiler-chickens fed on maggot meal in place of fishmeal*. *International Journal of Poultry Science*, 2, 271-274.

Sánchez-Muros, M.J., Barroso, F.G. & Manzano-Agugliaro, F. (2014) Insect meal as renewable

source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, **65**, 16-27.

FAO (2014) *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* 2014. Roma. 253 págs

EFSA Scientific Committee, 2015. Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 2015;13(10):4257, 60 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4257

Portada: Copyright © 2013 b.cortis Photographie www.cortis.info