

Trabajo Fin de Grado

Perspectivas para el aprovechamiento de Ortópteros autóctonos para su consumo en España y en Aragón

Prospects for exploiting autochthonous Orthoptera for consumption in Spain and Aragon

Autor/es

Miguel Bacarizo Herrero

Director/es

Juan Luis Mora Hernández
María del Milagro Coca Abia

Facultad de Veterinaria
2017

ÍNDICE.....	1
1. Resumen.....	2
2. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
3.1 Perspectivas del uso de los insectos en alimentación.....	4
3.1.1. Situación actual.....	4
3.1.2. Aspectos productivos.....	7
3.1.3. Aspectos nutricionales.....	8
3.1.4. Carne vs. insectos.....	8
3.1.5. Posibles riesgos para el ser humano.....	9
3.1.6. Situación legal.....	10
3.2. Un recurso entomofágico autóctono: la langosta mediterránea.....	11
3.2.1. Clasificación y distribución.....	11
3.2.2. Dieta.....	11
3.2.3. Reproducción y desarrollo.....	12
3.2.4. Gregarización.....	13
4. Justificación y objetivos.....	15
5. Metodología.....	16
5.1. Características y procedencia de las muestras.....	16
5.2. Preparación de las muestras.....	16
5.3. Análisis químico-bromatológico de las muestras.....	17
5.3.1. Humedad y materia seca.....	17
5.3.2. Nitrógeno total y proteína bruta.....	17
5.3.3. Nitrógeno no-proteico y proteico y proteína verdadera.....	18
5.3.4. Fibra alimentaria.....	18
5.3.5. Grasa bruta.....	19
5.3.6. Cenizas y minerales.....	19
5.3.7. Extractivos no-nitrogenados.....	20
5.3.8. Energía bruta.....	20
5.4. Análisis estadístico.....	20
6. Resultados y discusión.....	21
6.1. Proteína.....	21
6.2. Fibra bruta.....	22
6.3. Grasa bruta.....	23
6.4. Cenizas y minerales.....	23
6.5. Extractivos no-nitrogenados.....	25
6.6. Energía bruta.....	25
6.7. Análisis de componentes principales.....	26
7. Conclusiones.....	28
8. Conclusions.....	29
9. Aportaciones en materia de aprendizaje.....	30
10. Bibliografía.....	31

1. RESUMEN

La población humana mundial se encuentra en continuo crecimiento y se espera que siga aumentando en las próximas décadas. Esto implica un aumento de las necesidades alimentarias de un gran número de personas, además del ganado y los animales de compañía, entre otros. Para cubrir esta creciente demanda se hace necesaria la búsqueda de nuevos alimentos que satisfagan los requerimientos de la población creciente. Este trabajo tiene como objetivo el estudio de la langosta marroquí o mediterránea *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) como fuente de alimento. Se ha escogido este insecto en concreto por su elevada presencia en España y Aragón, pudiendo establecerse como una fuente local y natural con fines nutricionales. Su destino como alimento, ya sea para consumo humano o animal, supondría un doble beneficio: por un lado, el nutricional y, por el otro, el de control de la plaga mediante la reducción de sus poblaciones por debajo del umbral de tolerancia.

El presente trabajo ha comprobado que la langosta marroquí podría suponer una fuente de alimentos adecuada, ya que presenta un perfil composicional de gran interés. En concreto, su baja cantidad de grasas sumada a su muy elevado contenido de proteínas (aproximadamente el 70% en peso seco) podría convertir a este acrídido en una fuente de proteínas de origen animal, pudiéndose focalizar las ventas hacia deportistas o personas preocupadas por seguir una dieta equilibrada, además de que podría resultar una incorporación innovadora en la gastronomía de nuestro país. En cualquier caso, son precisos más estudios al respecto, pues aún se desconoce si este alimento contiene algún antinutriente que afecte a su valor nutricional o algún otro agente que pudiera suponer un riesgo para el consumidor.

2. ABSTRACT

The world human population is in continuous growth and is expected to rise further over the next decades. This implies greater needs for food for a large number of people, besides livestock and pets, among others. To meet this increasing demand, search for new foods is needed to satisfy the requirements of an expanding population. The objective of this work is the study of Moroccan or Mediterranean locust *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) as a food source. This insect was specifically chosen because of its high presence in Spain and Aragon, so it can be used as a local and natural source for nutritional purposes. Its use as a food, either for human or animal feeding, may suppose a double benefit: on one hand, the nutritional one and, on the other hand, controlling a plague via decreasing its populations below the tolerance threshold.

The current work has demonstrated that Moroccan locust might be a suitable source of food, since it shows a compositional profile of great interest. Particularly, its high level of fat, added to its very high content of protein (about 70% dry weight), can make this Acrididae a source of protein of animal origin, so the sales could be focused towards sportspeople or people concerned about following balanced diets, and it can also become an innovative contribution to our country's gastronomy. In any case, more studies are needed on this topic, since uncertainty exists on whether this food contains any antinutrient that affects its nutritional value or any other agent which might be a risk for consumer.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 PERSPECTIVAS DEL USO DE LOS INSECTOS EN ALIMENTACIÓN

El crecimiento demográfico ha repercutido en la demanda de alimentos a la que está sometida la población, con una notable necesidad de suministro de proteínas demandándose especialmente las de origen animal. No solo hay que alimentar a la creciente población, además hay que alimentar a todos los animales que se crían como mascotas o con fines recreativos (Halloran & Vantomme, 2013). Abastecer las crecientes necesidades de la sociedad va suponer un reto para los años venideros.

Una de las alternativas que se plantean es la de la entomofagia, es decir, el consumo de insectos por el ser humano. Este hábito se ha practicado desde la antigüedad y en la actualidad se encuentra ampliamente extendido alrededor del mundo, donde la practican aproximadamente 2000 millones de personas, principalmente en las regiones de Asia, África y América Latina (Zielińska et al., 2015). En las zonas donde el consumo de insectos es habitual, estos seres son consumidos generalmente, no por necesidad, sino por su sabor, y son considerados un manjar exquisito (Halloran & Vantomme, 2013).

Los insectos pueden suponer una gran aportación al ámbito de la alimentación, bien como alimento para los seres humanos, bien como pienso para otros animales, a lo que contribuye la variedad de formas en que puede ser presentado: insecto entero, partes, o incluso de forma pulverulenta como harina. Su reducido impacto ambiental y su elevada tasa de crecimiento y reproducción lo convierten, como veremos a continuación, en un recurso muy interesante para su producción intensiva (Sun-Waterhouse et al., 2016).

3.1.1 SITUACIÓN ACTUAL

Se estima que en 2050 la población mundial alcanzará aproximadamente 9000 millones de personas (Huis et al., 2013), lo cual implica un aumento en la producción de proteínas de en torno al 50% con respecto a la actual (Vigilancia Tecnológica, 2016). De esta forma se hace necesaria la optimización de los recursos disponibles, y los insectos se contemplan como una alternativa a la producción cárnica, ya que su producción, como veremos, implica un menor consumo de agua y menor emisión de gases de efecto invernadero que la de otros tipos de ganado y presenta, además, un elevado índice de producción (Vigilancia Tecnológica, 2016). En contraste con la

aparente reticencia en Europa al consumo de insectos, en otros continentes alrededor de 2000 millones de personas de 162 países incluyen insectos en la dieta (Vigilancia Tecnológica, 2016). El número de especies de insectos consumidas está en torno a 1900, siendo los coleópteros (escarabajos) el orden más consumido, con un 31% del total; le siguen los lepidópteros (en particular, las orugas) con un 18%; los himenópteros (abejas, avispas y hormigas) con un 14%; y los ortópteros (saltamontes, langostas y grillos), con un 13% (Halloran & Vantomme, 2013).

Aunque los insectos pueden resultar un alimento muy nutritivo y sabroso, el principal impedimento para su consumo radica en la repulsión que produce su ingesta en personas que carecen de cultura entomófaga (Halloran & Vantomme, 2013). Un buen ejemplo de ello son los chapulines (diferentes géneros de ortópteros acrídidos) consumidos tradicionalmente en México como una delicatessen pero que despiertan reticencias en personas más jóvenes por el aspecto desagradable que presentan (Camacho Rodríguez, 2012).

Si bien en la situación actual la aceptabilidad del consumo de insectos se muestra como algo refutable, existen señales que denotan que un porcentaje de la población occidental se muestra receptiva a introducir los insectos en su dieta como sustituto de la carne, especialmente entre la población de varones jóvenes (Verbeke, 2015). Este fenómeno puede ser debido, en gran parte, a la curiosidad de los consumidores por probar nuevos productos y sabores; a los aspectos medioambientales en aquellas personas comprometidas; y al perfil nutricional que este producto ofrece a deportistas y, en general, a todos aquellos preocupados por su salud, que encuentran en los insectos una fuente alternativa de proteínas. Por el contrario, un gran rechazo al consumo de insectos parece deberse a cuestiones éticas y sociales relacionadas con el contexto cultural de las personas, quienes tienden a mantener los hábitos alimentarios por tradición y se muestran reticentes a incluir nuevos productos en sus dietas (House, 2016).

La publicidad negativa que recibe la carne, sumada a la publicidad positiva que reciben los insectos como fuente de proteínas y su implicación en la conservación medioambiental, tienden a favorecer la aceptación de los insectos como sustituto de la carne, siendo la aversión a lo nuevo (neofobia) su principal causa de rechazo (Verbeke, 2015). Siendo así, este escepticismo inicial se podría contrarrestar con solo aumentar el número de gente que practicara la entomofagia (Shelomi, 2015). De hecho, se espera

que una vez que se autorice el empleo de insectos para alimentación humana (ver más adelante Sección 3.1.6), se produzca un incremento significativo de su consumo, debido al considerable interés de los consumidores y al aumento de pequeñas compañías que esperan abrirse al mercado de los insectos o al procesado de comida con insectos (EFSA Scientific Committee, 2015).

Según Shelomi (2015), las directrices para promocionar la práctica de la entomofagia en Occidente incluyen la promoción de la entomofagia por su sostenibilidad medioambiental, la promoción de la entomofagia como parte de la cocina occidental (mediante la elaboración de recetas y libros de cocina), y el aumento del suministro de insectos, de modo que los precios de los nuevos productos se ajusten a la situación actual de mercado. Una forma de aumentar la aceptabilidad de los consumidores no-habituados al consumo de insectos (como la población europea o la norteamericana) es procesar los insectos de forma que estos no sean reconocibles o emplear extractos de los mismos (Yi et al., 2013). Los insectos suelen ser consumidos tanto por humanos como por animales de tres maneras: como el insecto entero (cocinados o deshidratados), tras extraerles las patas y alas en el caso de saltamontes, molidos en forma de pasta untuosa o deshidratados y molidos en forma de harina, o tras someterlos a un proceso de extracción para obtener grasa, proteína o quitina (EFSA Scientific Committee, 2015). Por otra parte, los insectos se emplean ya hace tiempo en la alimentación como es el caso del colorante rojo carmín o E120, extraído de las hembras del insecto cochinilla (Yi et al., 2013).

En la actualidad la cría de insectos se realiza de forma minoritaria en pequeñas granjas o de manera familiar, si bien para el sector de piensos para peces o insectos ornamentales lleva años produciéndose a gran escala (Halloran & Vantomme, 2013). Quizás la traba más notable para la producción de insectos en el entorno silvestre destinados a la alimentación sea el uso extendido de pesticidas, pudiéndose alcanzar una acumulación biológica de los mismos (Halloran & Vantomme, 2013). De hecho, en la actualidad se invierten grandes cantidades de recursos económicos en insecticidas para combatir plagas de insectos, protegiendo una fuente de proteínas de origen vegetal y eliminando otra, muy abundante, de proteína animal de altísima calidad (Premalatha et al., 2011).

3.1.2 ASPECTOS PRODUCTIVOS

Se ha demostrado que los insectos poseen una capacidad para convertir el alimento en masa corporal y de asimilar el nitrógeno mucho más eficientemente que el ganado convencional. En términos generales, los insectos presentan un índice de conversión de aproximadamente 2 kg de alimento por kg de masa de insecto obtenido, mientras que el ganado convencional tiene un índice típico de 8 kg de alimento por kg de masa corporal aumentado. Por esta razón, los insectos requieren de una menor cantidad de alimento, entre un 40 y un 80% menos por kg de masa consumible producido (Halloran & Vantomme, 2013). Por ejemplo, para producir la misma cantidad de alimento el ganado bovino necesita 12 veces más alimentación que los insectos (Vigilancia Tecnológica, 2016). La elevada productividad de los insectos se debe, en buena medida, a su eficaz metabolismo del nitrógeno, que asimila de una manera mucho más eficiente que el ganado convencional. Los insectos pueden alimentarse de restos de otros alimentos o de estiércol, transformando estos residuos en proteínas de calidad que pueden procesarse en piensos (Halloran & Vantomme, 2013).

Como resultado, la cría de insectos es mucho menos dependiente del terreno, necesitando entre un 50 y un 90% menos de terreno por kg de proteína que el ganado convencional (Halloran & Vantomme, 2013), llegando a emplear 38 veces menos terreno que el ganado bovino (Vigilancia Tecnológica, 2016). Los insectos también requieren para su crecimiento mucha menos agua que el ganado convencional (el ganado bovino, por ejemplo, requiere 23 veces más agua) (Vigilancia Tecnológica, 2016) y son mucho más resistentes a la sequía (Halloran & Vantomme, 2013).

A todo lo anterior hay que añadir que los insectos presentan una elevada capacidad de reproducción y un rápido ciclo de vida (Sun-Waterhouse et al., 2016), que facilitaría su producción en masa, en el caso de poderse domesticar (Premalatha et al., 2011). En definitiva, los insectos pueden ser producidos con un coste sustancialmente inferior que los ganados convencionales, lo que los convierte en un recurso alimentario de enorme interés potencial (Oonincx et al., 2015).

Finalmente, la producción de insectos supone un menor consumo de combustibles fósiles y menor producción de gases de efecto invernadero que la del ganado convencional. Los insectos generan de 1000 a 2700 g menos de gases de efecto invernadero por kg de masa ganada (Payne et al., 2016), cifras que son entre 10 y 100

veces menores que las de, por ejemplo, el ganado porcino (Halloran & Vantomme, 2013) y 1815 veces menores que la del ganado bovino (Vigilancia Tecnológica, 2016).

3.1.3 ASPECTOS NUTRICIONALES

La literatura recoge que los insectos presentan en general un alto contenido proteico y de micronutrientes (Zielińska et al., 2015). En lo referente al perfil graso, poseen cantidades significativas de ácidos grasos poliinsaturados como los omega 3 y 6, al igual que otros animales. Sin embargo, el ratio que estos poseen no es el idóneo para el ser humano al contener significativamente más omega 3 que 6. Poseen además proporciones elevadas (aunque similares a las de las carnes convencionales) de ácidos grasos saturados. En cualquier caso, este perfil nutricional se podría intentar modificar mediante la alimentación del animal (dentro de los alimentos que este acepte) y optimizar así su nutrición para producción industrial, ya sea para la alimentación humana o para la producción de piensos para animales (Oonincx et al., 2015). Los insectos no podrían sustituir el 100% de los piensos tradicionales para animales, aunque sí podrían suponer una proporción de estos piensos (EFSA Scientific Committee, 2015). En el caso de la piscicultura, resulta incluso recomendable la sustitución parcial de los piensos tradicionales por otros elaborados con insectos, preferentemente con mezcla de distintas especies y criados en ambientes libres de pesticidas y metales pesados (Henry et al., 2015).

Por el momento no se conocen con claridad las ventajas y desventajas que pueden producir los insectos en la dieta humana, bien sea por la aportación de nutrientes beneficiosos (aminoácidos, vitaminas o ácidos grasos), o por la posible influencia de factores antinutricionales que podrían reducir la absorción de otros nutrientes o afectar al proceso digestivo si se consumen en grandes cantidades (EFSA Scientific Committee, 2015).

3.1.4 CARNE VS. INSECTOS

Los insectos proporcionan una elevada cantidad de proteínas de alta calidad y micronutrientes como, por ejemplo, hierro o magnesio, además de poseer fibra y contener niveles elevados de ácidos grasos de forma similar al pescado. Cabe mencionar que estos nutrientes se aportan sin riesgo de sufrir zoonosis como la gripe aviar H1N1 o

la encefalopatía espongiforme bovina. De hecho, hoy día no se conocen casos de transmisión de enfermedades por entomofagia, aunque se considera que se debería estudiar más al respecto (Halloran & Vantomme, 2013). Y es que, si bien es cierto que no parecen suponer un potencial agente transmisor de enfermedades, sí que pueden desencadenar reacciones de alergia de forma similar a los crustáceos, que también son artrópodos (Halloran & Vantomme, 2013; EFSA Scientific Committee, 2015).

Los insectos se muestran como una buena alternativa a la carne, pues presentan un perfil nutricional muy similar a esta (Payne et al., 2016). De hecho, el contenido en proteína habitual de los insectos comúnmente comestibles es de alrededor del 9-25% en húmedo, siendo comparable a la de los productos cárnicos convencionales (Yi et al., 2013). En el caso de los chapulines, por ejemplo, el contenido de proteína ronda alrededor del 70-77% en seco, mientras que el de la carne de res es de solo el 50-57%, poseyendo, además, un alto contenido en fibra (mayormente insoluble y que facilita la digestión) y cenizas (Camacho Rodríguez, 2012).

Las personas que desean reducir el consumo de carne encuentran en los insectos una alternativa satisfactoria y muestran una predisposición a introducirlos en su dieta. Un suceso similar podría darse con las personas vegetarianas, aunque dentro de este grupo existe una amplia diversidad de opiniones, pues algunos los consideran igualmente animales, evitando su consumo (House, 2016).

3.1.5 POSIBLES RIESGOS PARA EL SER HUMANO

Se pueden encontrar bacterias patógenas como *Salmonella*, *Campylobacter* o *E. coli* verotoxigénica en insectos que no han sido procesados, dependiendo del ambiente empleado en la cría y las condiciones posteriores de conservación. Sin embargo, la prevalencia de algunos de estos patógenos es inferior a la encontrada en otras fuentes de proteínas de origen animal previamente a su procesado, así como la replicación de estos patógenos en el tracto intestinal de los insectos, la cual no parece tener lugar (EFSA Scientific Committee, 2015). En cualquier caso, un procesado eficaz es suficiente para mitigar el riesgo de transmisión de estas bacterias (EFSA Scientific Committee, 2015).

En lo relativo a los priones, las proteínas priónicas normales no están presentes de forma natural en insectos y, por tanto, no existe un riesgo relevante en relación a priones específicos de insectos. Tampoco los priones de mamíferos se pueden replicar en

insectos y, por tanto, los insectos no se consideran vectores biológicos o amplificadores de priones. Pese a ello, existen estudios que indican que los insectos sí son vectores mecánicos de priones. Por esta razón, los insectos criados en entornos que presentan priones infectivos resultan un riesgo potencial de transmisión de priones mediante su consumo. El potencial infectivo dependerá de la infectividad del medio y será igual o inferior al del mismo. Así, los insectos alimentados con sustratos que no poseen orígenes humanos o rumiantes (por ejemplo, estiércol) no suponen un riesgo adicional comparado con cualquier otro alimento (EFSA Scientific Committee, 2015).

Las concentraciones de metales pesados en los insectos dependen del alimento que se les suministra (resultando un factor controlable) y de su desarrollo, de manera que los insectos con desarrollo más cortos acumulan menores cantidades de compuestos tóxicos (EFSA Scientific Committee, 2015).

Se han documentado casos de reacciones alérgicas, e incluso shocks anafilácticos en humanos tras el consumo de insectos. Debido a la potencialidad alérgica de las proteínas de los insectos o a las alergias cruzadas con proteínas de insectos similares a la tropomiosina o a la arginina-kinasa de los crustáceos o los ácaros, se recomienda añadir en las etiquetas de los productos que poseen proteínas de insecto (EFSA Scientific Committee, 2015). De forma general, si se mantienen unas buenas condiciones higiénicas, el consumo de insectos no debería suponer ningún riesgo adicional comparado con otros alimentos (EFSA Scientific Committee, 2015).

3.1.6 SITUACIÓN LEGAL

Actualmente y debido a la ausencia de una normativa específica que lo regule, el comercio de insectos para alimentación humana no está permitido. Con la intención de cambiar esta situación, el consorcio internacional conocido como IPIFF (*International Platform for Insects as Food and Feed*) está trabajando por conseguir cambiar la legislación europea con la intención de garantizar el libre comercio de los insectos como alimento (Payne et al., 2016).

El Reglamento (UE) 2015/2283 (Parlamento Europeo, 2015) que será aplicable a partir del 1 de enero de 2018 permitirá la comercialización de nuevos alimentos previa solicitud y autorización expresa (Reglamento (UE) 2015/2283, 2015), por lo que es posible que en los próximos años el comercio de insectos para consumo humano se convierta en una realidad en España.

3.2. UN RECURSO ENTOMOFÁGICO AUTÓCTONO: LA LANGOSTA MEDITERRÁNEA

A la vista de las perspectivas prometedoras que tiene el aprovechamiento de los insectos para su uso en alimentación humana y animal, abordamos un estudio del posible uso de recursos de insectos autóctonos de España y Aragón, poniendo nuestro foco en la especie *Docostaurus maroccanus* comúnmente conocida como langosta mediterránea o langosta marroquí.

3.2.1. CLASIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

La especie *D. maroccanus* pertenece a la subfamilia Gomphocerinae, dentro de los Acrididae, familia incluida en el orden Orthoptera, donde se incluyen los saltamontes y las langostas. *D. maroccanus* se considera una langosta por su tendencia a la gregarización para formar enjambres. El área de distribución actual de la especie comprende desde las islas Canarias al oeste hasta Afganistán y los países adyacentes que formaron la antigua Unión Soviética al este, extendiéndose por los países de la cuenca del Mediterráneo (Latchinsky, 1998). Su amplia distribución induce a los especialistas a sugerir el uso del nombre “langosta mediterránea” en lugar de “langosta marroquí” (Latchinsky, 1998). En España, ocupa una extensión aproximada de 1,3 millones de hectáreas, siendo frecuente encontrar focos en La Serena (Badajoz), Llanos de Cáceres y Trujillo (Cáceres), Valle de Alcudia (Ciudad Real), Valle de los Pedroches (Córdoba), y los Monegros (Huesca y Zaragoza) (Benlloch y Cañizo, 1941; Arias et al, 1994).

3.2.2. DIETA

La langosta posee una dieta polífaga, consumiendo una amplia variedad de vegetales que incluyen cereales (trigo, centeno, maíz), plantas fabáceas (guisantes, lentejas, judías), hortalizas (tomates, zanahorias, pepino), cultivos de oleaginosas (algodón, colza, olivo) y cultivos arbóreos (manzanos, perales, cerezos e incluso coníferas), entre otros (Latchinsky, 1998). Se ha comprobado que el grado de polifagia que exhiben las langostas es inversamente proporcional a los requerimientos de agua de su organismo. Durante su primer estadio, la langosta llega a consumir su propio peso en alimento al día, mientras que en la edad adulta consume aproximadamente la mitad de su peso en

alimento de manera diaria (Latchininsky, 2010). Una sola langosta mediterránea puede llegar a consumir entre 33 y 66 g de pasto durante toda su vida (Arias et al, 1994). El hecho de ser polípagas y su gran voracidad las hace muy nocivas para los cultivos, produciendo grandes pérdidas económicas, especialmente cuando se encuentran en fase gregaria.

3.2.3. REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO

D. maroccanus es una especie univoltina (una sola generación al año), con metamorfosis incompleta (heterometabolo) que incluye desarrollo embrionario (huevos) y post-embrionario (ninfas y adultos). Las hembras ponen sus huevos en suelo compacto y sin vegetación (Moreno-Márquez, 1946), en zonas arcillosas (Latchininsky, 1998) o calizas¹. Las hembras exploran el suelo con el abdomen y, si no se adapta a sus necesidades, no elaboran la ooteca, dejando de esta forma un hueco vacío. Los huevos de langosta tienen un tamaño aproximado entre 5 y 5,5 mm de largo y de 1 a 2 mm de ancho, presentan el micrópilo en el extremo por donde se iniciará el avivamiento y se encuentran incluidos en unas ootecas conocidas vulgarmente como “canutos” (Morales-Agacino, 1951). El número de huevos en cada puesta depende de la especie de langosta, en el caso de *D. maroccanus* el promedio es de 30 huevos por ooteca (Moreno-Marquez, 1943). Se desconoce exactamente el número de canutos que deposita cada hembra, si bien el número de *corpora lutea* por ovariolo proporciona una buena estimación de la capacidad reproductora de esta especie. Se ha demostrado que hembras adultas maduras presentan dos *corpora lutea* (Quesada-Moraga y Santiago-Álvarez, 2001), lo que indica que cada hembra podría poner, como máximo, dos ootecas a lo largo de su vida.

Los huevos en el interior de la ooteca o “canuto” contienen el embrión, cuyo desarrollo tiene veinte estados agrupados en diferentes fases: Anaptresis (estados I al XIV), Diapausa (periodo de latencia del embrión) y Katatrepsis (estados XV al XX) (Bodenheimer & Shulov, 1951). Después de nueve meses de desarrollo embrionario se producen los nacimientos o avivamientos tras las lluvias de primavera, dando lugar al desarrollo post-embrionario que incluye cinco estados ninfales sucesivos separados por mudas. Las ninfas de los primeros estados ninfales (N1 y N2) carecen de esbozos alares que se irán desarrollando con cada muda. Después de la muda final emerge el adulto

¹ De hecho, en España hay focos de *D. maroccanus* en Aragón, donde predominan suelos calizos, y en Extremadura, típicamente silíceos

con alas funcionales, aunque no alcanzarán la madurez sexual hasta pasados de 7 a 10 días (Uvarov, 1928; Quesada-Moraga & Santiago-Álvarez, 2001). Una vez madurados los adultos se producen las cópulas y, posteriormente, la oviposición, repitiéndose el ciclo el año siguiente.

3.2.4. GREGARIZACIÓN

Las langostas son especies polimórficas con dos fases extremas: solitaria y gregaria, cuya transformación, de una a otra, se hace gradualmente y de manera reversible. Ambas fases difieren en su fisiología, bioquímica, comportamiento, morfometría y pigmentación (Pener & Simpson, 2009; Sword, Lecoq & Simpson, 2010). Estas fases extremas se conectan mediante una serie de formas intermedias llamadas fases *transiens* (Uvarov, 1921).

El cambio de fase es un proceso acumulativo que se da en el transcurso de varias generaciones, transmitiéndose epigenéticamente (Sword et al. 2010) por medio de secreciones químicas que producen las hembras y que transmiten a los huevos (Latchininsky, 2010). Se requieren varias generaciones consecutivas para completar la transformación y pasar de una fase meramente solitaria a otra completamente gregaria con notables cambios cromáticos, fisiológicos y de comportamiento. Hay rasgos que permiten caracterizar ambas fases, concretamente los relacionados con la morfometría y pigmentación. En adultos de *D. maroccanus* se considera el ratio longitud del primer par de alas (tegmina) / longitud del fémur posterior, como distintivo de la fase en la que se encuentran los individuos (Paoli, 1932; Pasquier, 1934). Además, las diferencias en coloración entre las langostas solitarias y gregarias son, probablemente, uno de los rasgos más usados para distinguir las dos fases. Skaf (1972) estableció una escala con seis grados de intensidad cromática de las manchas dorsales del tercer par de fémures, correlacionando la fase con el grado de intensidad del color (manchas muy oscuras – fase solitaria; manchas ausentes – fase gregaria).

Según algunos autores, para que se formen nubes gregarias es necesario que se exceda un umbral poblacional determinado (Latchininsky, 2010; Pener & Yerushalmi, 1998). Este umbral en la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria*) es de 50.000 ninfas (N1-N3) por hectárea (5 individuos/m²), 5.000 ninfas (N4-N5) por hectárea y entre 250 y 500 adultos por hectárea (Latchininsky, 2010). En esta especie, la visión y el olor de sus congéneres son suficientes estímulos para provocar cambios de fase que

se reflejan en el comportamiento, pero el estímulo principal y necesario para que se complete el cambio de fase es el contacto directo con otras langostas mediante tocamientos de los fémures posteriores entre sí (Simson & Sword, 2008).

En España no se conoce la densidad umbral para la gregarización de *D. maroccanus* y es fácil encontrar a esta langosta en fase solitaria con densidades poblacionales muy superiores a 5 individuos por m² (Guerrero, et al., 2017). Esto sugiere que, en el caso de la langosta mediterránea, además de los estímulos visuales, olorosos, el contacto directo entre congéneres y las altas densidades poblacionales, otros factores, como los ambientales (bióticos y abióticos), podrían ser imprescindibles para que se produzca el cambio de fase (Aragón, et al., 2013). En efecto, el clima y el hábitat, principalmente la humedad y la existencia de terrenos idóneos para la ovoposición, son factores clave en la proliferación de las langostas (Sword et al., 2010). Un exceso de humedad durante el otoño y el invierno puede provocar la proliferación en el suelo de hongos entomopatógenos, como el *Metharrizium*, destruyendo la ooteca y comprometiendo la viabilidad del embrión. Por el contrario, la humedad del suelo provocada por las lluvias primaverales es necesaria para reblandecer la cubierta de la ooteca y permitir el correcto avivamiento de las primeras ninfas. También, la modificación del hábitat provocado por el abandono de cultivos, el pastoreo, la deforestación y la compactación del suelo favorecen la oviposición y con ello la proliferación de las langostas (Latchininsky, 1998). Labrar el suelo es un procedimiento eficaz, llevado a cabo en el pasado para combatir la plaga de langosta mediterránea; los terrenos sueltos y arenosos no son idóneos para realizar las puestas disminuyéndose, así, el potencial biótico de la plaga, es decir, el número de puestas y de individuos de la siguiente generación.

Si cada hembra de *D. maroccanus* es capaz de poner dos ootecas con una media de 30 huevos cada una en zonas favorables donde la resistencia del medio es baja, el éxito de los avivamientos y la proliferación de *D. maroccanus* está asegurada. Afortunadamente, la langosta mediterránea no gregariza con facilidad, cuando lo hace es devastadora, devorando todo por donde pasa. Las ninfas forman grandes y densos grupos, llamados cordones ninfales, que avanzan en formación y en la misma dirección. Los adultos voladores forman nubes de langosta o enjambres que migran grandes distancias, desplazándose de 70 a 100 Km de distancia (Latchininsky, 1998). En España la formación de nubes de langosta no es frecuente, la última gregarización tuvo lugar en la provincia de Zaragoza en el año 2003 (Guerrero et al., 2017).

4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Como se ha señalado, el consumo de insectos es una práctica en alza en el mundo, tanto en la alimentación de las personas como en piensos para animales. Los insectos son eficientes bioconvertidores que transforman la biomasa de baja calidad obtenida de la naturaleza en alimentos de alto valor nutricional. En este contexto, el presente trabajo pretende una primera aproximación al uso de insectos autóctonos de España y Aragón como fuente de alimentos, utilizando el caso concreto de la langosta mediterránea o marroquí *D. maroccanus*. Esta es una especie nativa que supone en ocasiones una plaga y es un agente dañino para la agricultura en general, por lo que su empleo como recurso alimentario podría favorecer el control de sus poblaciones a la vez que se añadiría un nuevo producto alimenticio al mercado, obteniéndose un doble beneficio.

El objetivo de este trabajo es, por tanto, determinar, de manera preliminar, el valor nutritivo de la especie *D. maroccanus*. Nuestra hipótesis de partida es que esta especie tiene características nutricionales de interés para su incorporación a la dieta humana y justificaría el aprovechamiento de este recurso.

5. METODOLOGÍA

5.1. CARACTERÍSTICAS Y PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS

En este estudio hemos analizado la composición bromatológica de la especie *D. maroccanus* en distintos estadios o condiciones de los individuos que podrían ser de interés para su consumo. Con este fin, hemos analizado adultos enteros, así como adultos desprovistos de las alas posteriores (funcionales) y de las patas, partes duras y ásperas que podría interesar retirar a fin de hacer más grata la ingestión. También analizamos individuos en los estadios ninfales más avanzados (N4 y N5), sin alas funcionales, lo que podría facilitar la recolección de los ejemplares. Estudiamos cuatro muestras:

- Muestra A (“adulto”): recolectada en Alhama de Aragón (Zaragoza) en agosto de 2013. Incluye individuos en estado adulto plenamente desarrollado y con su exoesqueleto y apéndices completos.
- Muestra ASA (“adulto sin apéndices”): recolectada en Salamanca en julio de 2011. Incluye también individuos en estado adulto a los que se les ha retirado las patas y alas.
- Muestra N4 (“ninfa N4”): recolectada en el valle de Alcudia (Ciudad Real) en mayo de 2017. Incluye individuos en estado inmaduro (ninfal) avanzado, provistos de patas pero sólo con pequeños esbozos alares, aún sin alas funcionales.
- Muestra N5 (“ninfa N5”): recolectada en el valle de Alcudia (Ciudad Real) en mayo de 2017. Incluye individuos en último estadio ninfal, el inmediatamente previo al adulto, provistos de patas, con esbozos alares ya evidentes pero aún sin alas funcionales.

5.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

La preparación pretende homogenizar las muestras para garantizar que las cantidades analizadas sean representativas respecto a la masa total del alimento. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, y a continuación se molturaron usando un molino de café hasta conseguir que pasaran por un tamiz de 1 mm. Las muestras molidas se conservaron en el refrigerador a 4 °C en recipientes

herméticos, de donde se tomaron las submuestras necesarias para cada una de las determinaciones posteriores.

5.3. ANÁLISIS QUÍMICO-BROMATOLÓGICO DE LAS MUESTRAS

El análisis de las muestras se realizó siguiendo en sus líneas generales la metodología convencional de análisis proximales Weende (AOAC, 2007), que incluye la determinación de los contenidos de humedad, proteína bruta, fibra bruta, grasa bruta, cenizas y extractivos no-nitrogenados. Complementamos estos análisis con la determinación específica de los contenidos de nitrógeno (N) proteico, fósforo (P), azufre (S), calcio (Ca), potasio (K) y sodio (Na).

5.3.1. HUMEDAD Y MATERIA SECA:

Los contenidos relativos de humedad y de materia seca de las muestras se determinaron desecando 1 g de muestra en una estufa a 103 °C hasta peso constante. Los valores obtenidos se utilizaron para expresar los resultados de las otras determinaciones analíticas con referencia a peso seco.

5.3.2. NITRÓGENO TOTAL Y PROTEÍNA BRUTA

El contenido total de proteína de las muestras se estimó a partir del contenido de N. La mayor parte del N de los alimentos se encuentra formando parte de los aminoácidos, aunque también lo hay en otros componentes como aminas, amidas y polímeros nitrogenados como la quitina o los ácidos nucleicos. El contenido de nitrógeno total (NT) de las muestras se determinó por el método de Kjeldahl, con las siguientes etapas:

- Mineralización: 0,5 g de muestra se digirieron con ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado y selenio durante tres horas a 420 °C en un digestor Büchi. De esta manera, todo el N orgánico se convirtió en amonio (NH_4^+) formándose sulfato amónico ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)
- Alcalinización y destilación: el N mineralizado se liberó en forma de amoniaco (NH_3) mediante la adición de hidróxido sódico (NaOH) en un destilador Büchi 323. A continuación se destiló el amoniaco con vapor de agua y se recogió sobre una disolución de ácido bórico (H_3BO_3) con un indicador de pH (Shiro-Tashiro) con viraje de color vinoso a verde.

- Valoración por retroceso: la cantidad de N se cuantificó mediante titulación con ácido clorhídrico (HCl) de concentración conocida (0,1 M) hasta viraje al color vinoso inicial.

La proporción de N en las proteínas es variable dependiendo de su composición aminoacídica, pero para simplificar se supone que las proteínas contienen de media un 16% de N. Así pues, calculamos la proteína bruta (PB) del alimento como el contenido de NT multiplicado por 6,25 ($100 / 16 = 6,25$).

5.3.3. NITRÓGENO NO-PROTEICO Y PROTEICO Y PROTEÍNA VERDADERA

El método Kjeldahl no diferencia entre el N proteico (NP) y el N no-proteico (NNP), resultando satisfactorio para el análisis de la mayoría de alimentos donde la diferencia entre PB y proteína pura (PP) es mínima. Sin embargo, los insectos contienen cantidades significativas de polímeros nitrogenados como quitina o quitosano, motivo por el cual se analizó específicamente el contenido de NP siguiendo el método de NTE INEN (1991). Para ello se pesaron 0,5 g de muestra y se hidrolizaron las proteínas en agua destilada al baño María en ebullición. A continuación se precipitó la proteína mediante la adición de una disolución de ácido tricloroacético (CCl_3COOH , abreviado ATC) frío al 10 %. Tras un reposo en frío, se separó el precipitado por filtración y lavado con ATC al 2,5 %, y se analizó el NP siguiendo el procedimiento indicado en el apartado anterior. A partir del contenido de NP, calculamos el de NNP por diferencia respecto al NT, y estimamos la proteína verdadera multiplicando el valor de NP por 6,25.

5.3.4. FIBRA ALIMENTARIA

La fibra alimentaria se define como una fracción de los alimentos resistente a su digestión por las enzimas del tracto gastrointestinal. Habitualmente se estima a partir de la fibra bruta (FB), determinada como el residuo persistente después de una hidrólisis ácida y otra alcalina. Convencionalmente, la FB se analiza en las plantas comestibles y se compone principalmente de celulosa y lignina. Sin embargo, analizada en otros alimentos, la FB puede incluir otros componentes indigeribles de comportamiento semejante, como los polisacáridos quitina y quitosano del exoesqueleto de los artrópodos (Blasco Giraud, 2006). Para la determinación de la FB, se pesaron 0,5 g de

muestra en crisoles de Gooch y se trataron con H_2SO_4 0,128 M durante 30 minutos en ebullición, y a continuación con NaOH 0,223 M durante el mismo tiempo, en un digestor de fibra Dosi-Fiber (Selecta, Barcelona). El residuo obtenido se determinó gravimétricamente tras secarse en estufa a 103 °C.

5.3.5. GRASA BRUTA

El contenido en grasas (triglicéridos) de un alimento se estima en el método Weende a partir de su extracto etéreo o grasa bruta, compuesto por las sustancias solubilizadas por un disolvente orgánico como el éter de petróleo, de las que más del 90% suelen ser triglicéridos verdaderos y el resto lipoides poco digeribles. Para este análisis, se extrajeron 5 g de muestra con éter de petróleo, separando los lípidos solubilizados mediante extractores Soxhlet, durante un periodo de nueve horas. Finalizado este tiempo, se separó por destilación el exceso de éter y se cuantificó gravimétricamente el producto tras secarse en estufa a 103 °C.

5.3.6. CENIZAS Y MINERALES

Las cenizas representan el contenido en minerales del alimento. Para su análisis, se pesaron 0,5 g de muestra y se determinaron las cenizas como el residuo que queda al quemarse la muestra en un horno o mufla a 550 °C durante 5 horas.

Para el análisis de los elementos P, Ca, K y Na, las cenizas obtenidas por el método descrito se disolvieron en agua regia (ácido nítrico (HNO_3), HCl y agua, en proporción 1: 3: 12) y se aforó a un volumen conocido usando agua destilada. Para el análisis del elemento S, se realizó de manera separada la calcinación de 0,5 g de muestra previamente tratados con una solución de nitrato magnésico ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), lo que impide las pérdidas por volatilización de S durante el horneado, y se disolvieron las cenizas de la misma manera que las anteriores. De estas disoluciones se tomaron las alícuotas para el análisis de los distintos elementos minerales. El P se determinó por colorimetría por el método del azul de molibdato, usando un espectrofotómetro SP6-550 (Pye-Unicam Ltd., Cambridge). El Ca se determinó por complexometría utilizando EDTA. El K y el Na se determinaron mediante un espectrómetro de llama (Gallenkamp, Reino Unido). El S se determinó por turbidimetría con cloruro de bario (BaCl_2) en un espectrofotómetro Pye-Unicam SP6-550 (Pye-Unicam Ltd., Cambridge).

5.3.7. EXTRACTIVOS NO-NITROGENADOS

Los extractivos no-nitrogenados (ENN) incluyen todos los componentes no evaluados con los análisis proximales anteriores. Se componen fundamentalmente de carbohidratos no-estructurales, cuyo contenido se estima de manera aproximada, junto a vitaminas y otros compuestos orgánicos solubles no nitrogenados. Los ENN se obtuvieron de la diferencia de restar a 100 los porcentajes de proteína, fibra bruta, grasa bruta y cenizas

5.3.8 ENERGÍA BRUTA

La energía bruta (EB) o calor de combustión de un alimento representa la máxima cantidad posible de energía que se puede obtener de un alimento. En nuestro estudio, estimamos la EB a partir de la composición química de las muestras utilizando el siguiente cálculo (Masson, 1997):

$$EB \text{ (kJ/kg MS)} = 23.5 \times \text{Proteína} + 39.5 \times \text{GB} + 17.5 \times \text{ENN (g/kg MS)}$$

5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los datos está limitado por el escaso número de muestras analizadas. Nuestros resultados son solo provisionales y habrán de confirmarse en futuros estudios. Como parte del análisis, utilizamos las siguientes técnicas estadísticas:

- Análisis de correlación de Pearson, dirigido a comprobar la relación existente entre los contenidos de NNP y de FB, ambos representativos de la fracción polimérica nitrogenada (quitina + quitosano).
- Análisis de componentes principales (ACP), dirigido a visualizar las relaciones existentes entre los distintos componentes analizados entre sí y con cada una de las muestras.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

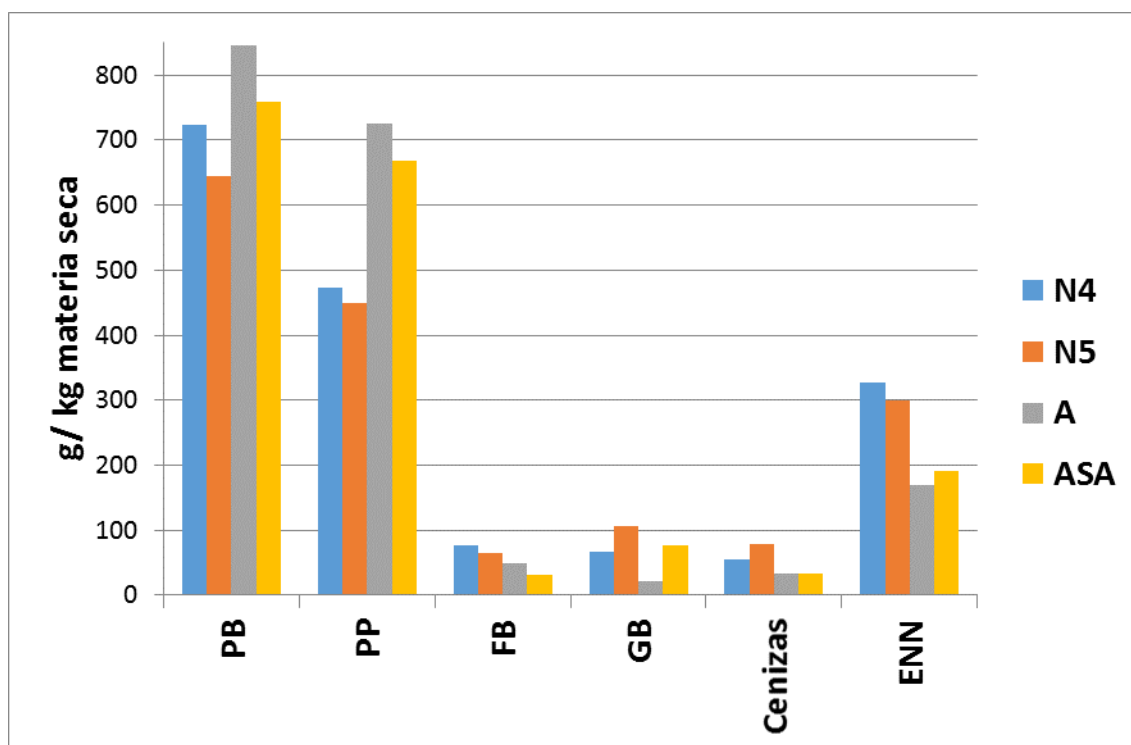


Figura 1: Comparación de las cantidades de Proteína Bruta (PB), Proteína Pura (PP), Fibra Bruta (FB), Grasa Bruta (GB), Cenizas y Extractivos No-Nitrogenados de las muestras de Ninfas N4 (N4), Ninfas N5 (N5), Adultos (A) y Adultos Sin Apéndices (ASA)

6.1. PROTEÍNA

Los contenidos de proteína (PP) (Figura 1) fueron notablemente elevadas (670-730 g/kg en adultos, 450-480 g/kg) y mayor en los individuos adultos que en las ninfas. En especial, se produce un incremento brusco del contenido de PP al pasar de la ninfa N5 al adulto, que podemos asociar al desarrollo de nuevas capacidades locomotoras durante esta transición y al aumento del tamaño del cuerpo. La diferencia entre los contenidos de PB y PP fue mayor en las ninfas, al presentar un mayor valor de NNP respecto a los adultos (Figura 2), reflejo del mayor contenido de las ninfas en compuestos nitrogenados no-proteicos como la quitina o el quitosano (ver Sección 6.2). La retirada de patas y alas en los adultos se asoció a descensos en los contenidos de PP y PB, que denotan la elevada concentración de proteínas (y, en el caso de la PB, de otros compuestos nitrogenados) en los apéndices locomotores. Nuestros valores de proteína concuerdan con los estudios realizados en otras especies de acrídidos donde también se han encontrado elevadas cantidades de proteína, entre 550 y 750 g/kg aproximadamente (Anand et al., 2008; Blasquez et al., 2012; Chakravorty et al., 2014; Paul et al., 2016).

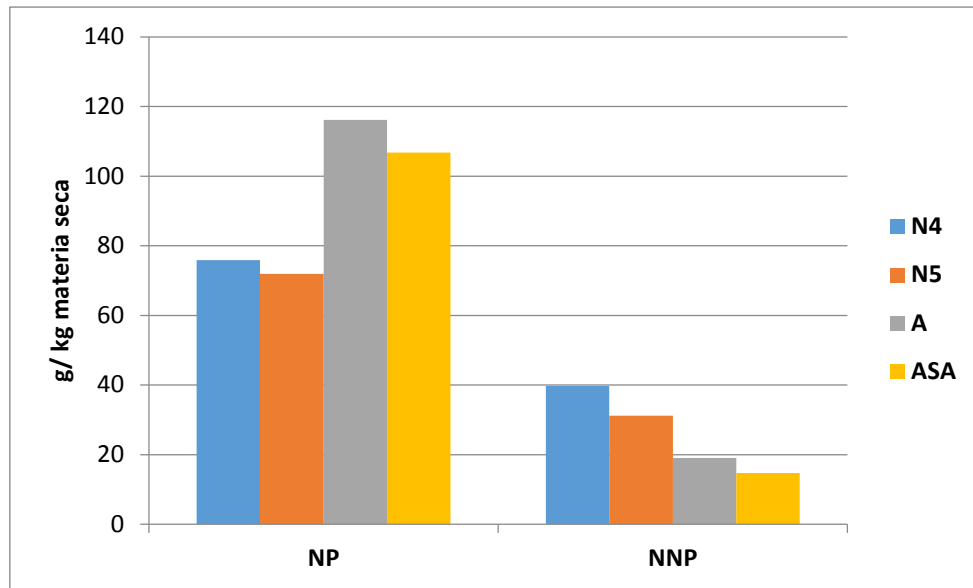


Figura 2: Comparación de las cantidades de nitrógeno proteico (NP) y no-proteico (NPP) de las cuatro muestras

6.2. FIBRA BRUTA

Los insectos, al igual que los crustáceos, son artrópodos cuyo exoesqueleto contiene polímeros no-digeribles con propiedades similares a la fibra vegetal. En el caso de los mariscos, el exoesqueleto es retirado antes de su consumo, mientras que en el caso de los insectos esto no es así y el exoesqueleto es ingerido (total o parcialmente) junto con el resto del animal. Por esta razón, resulta de especial interés el análisis de la fracción de “fibra” del insecto, pese a tratarse de un alimento de origen animal.

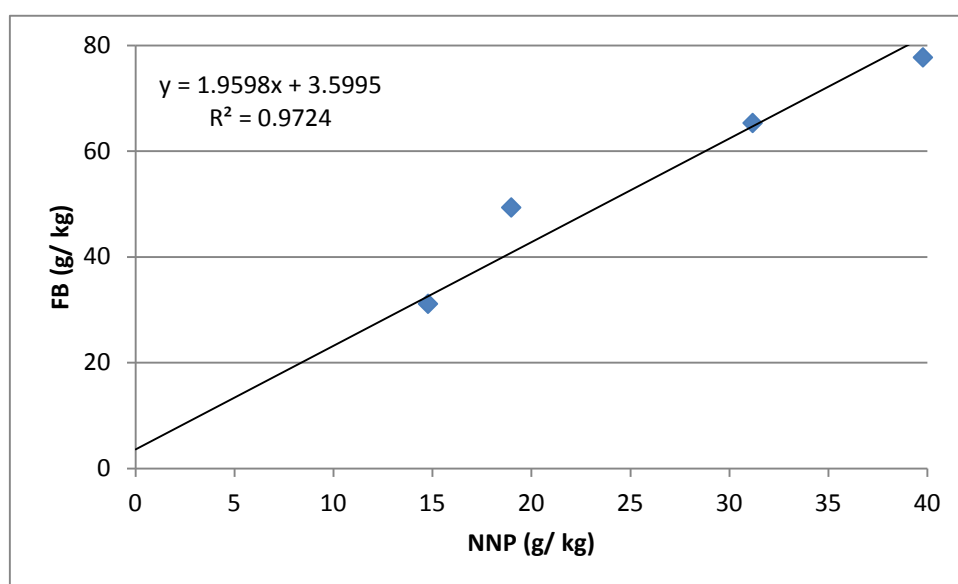


Figura 3: Correlación entre los contenidos de nitrógeno no-proteico (NNP) y fibra bruta (FB)

El análisis de la fibra bruta Weende es de uso habitual como medida del contenido de este componente (Bukkens, 1997). En nuestro caso, hemos verificado la validez de este método a través del análisis de su correlación con el contenido de NNP. Como se observa en la Figura 3, existe una correlación estadísticamente significativa ($r = 0.986$, $P = 0.014$) entre ambas medidas, que nos corrobora la relación entre ellas.

Los contenidos de FB se reducen visiblemente con la madurez del individuo, pasando de 6-8 g/kg de FB en las ninfas a un valor próximo a 5 g/ kg en los adultos enteros (Figura 1). Este resultado puede explicarse por la reducción de la relación superficie/ volumen al aumentar el tamaño de los adultos, de manera que, si el exoesqueleto no se engrosa con la edad, la proporción de exoesqueleto se reduce en los adultos respecto a las ninfas. Como es lógico, la sustracción de las patas y alas de la langosta adulta implica una notable reducción (-37%) en su cantidad de fibra, ya que en estos órganos se concentra una parte significativa de su exoesqueleto. Los valores de FB obtenidos son similares, aunque ligeramente menores a los registrados en otras especies de acrídidos, que muestran valores en torno a 10 g/ kg (Anand et al., 2008; Blasquez et al., 2012; Chakravorty et al., 2014).

6.3. GRASA BRUTA

Las muestras analizadas presentaron contenidos bajos de GB, aunque muy variables, entre 20 y 100 g/ kg (Figura 1). Estos valores son consistentes con los obtenidos en los estudios realizados sobre otras especies de acrídidos, que encuentran cantidades de grasa de entre el 5 y el 10% aproximadamente (Anand et al., 2008; Blásquez et al., 2012; Chakravorty et al., 2014; Paul et al., 2016). Los valores de GB se reducen al alcanzar el estado adulto, coincidiendo con el incremento ya descrito de la cantidad de proteína. La retirada de las alas y patas coincidió con un notable incremento en el contenido de GB, que atribuimos al enriquecimiento relativo en este componente como resultado de la sustracción de masa proteica y de fibra.

6.4. CENIZAS Y MINERALES

Los valores de cenizas (Figura 1) obtenidos en las langostas adultas (de 33-34 g/ kg) se encuentran dentro del rango establecido en otros estudios sobre acrídidos, que encuentran valores de cenizas entre 25 y 50 g/ kg% (Anand et al., 2008; Blasquez et al.,

2012; Chakravorty et al., 2014; Paul et al., 2016). Sin embargo, encontramos contenidos considerablemente superiores en las ninfas, especialmente en el caso de las ninfas N5 (casi 80 g/ kg). No encontramos diferencias notables entre los adultos con o sin apéndices, por lo que la extracción de estas estructuras no debería suponer una pérdida de estos nutrientes.

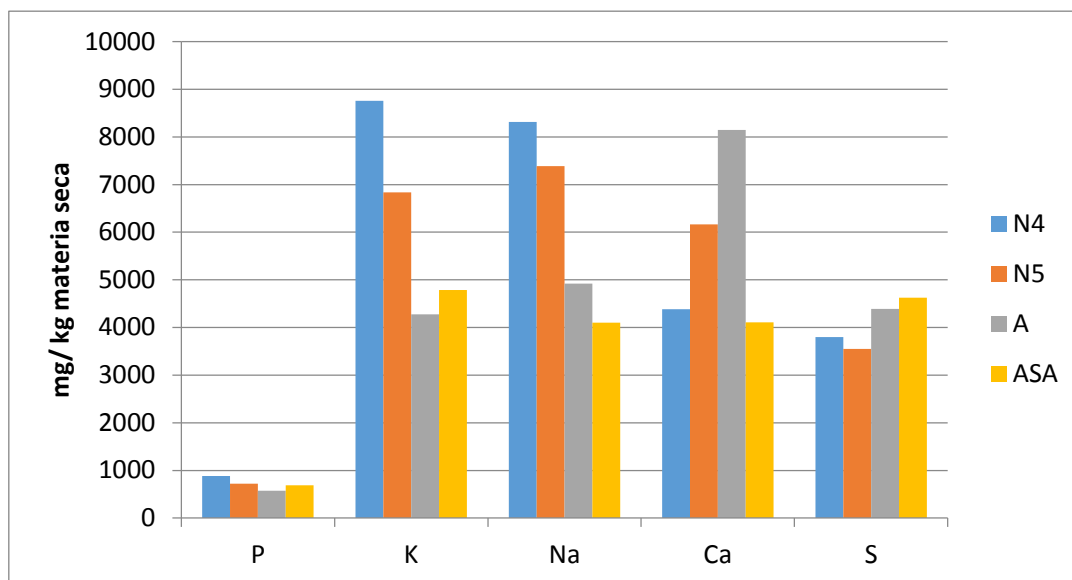


Figura 4. Comparación de los contenidos de los elementos minerales fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca) y azufre (S) de las cuatro muestras

No obstante, la retirada de los apéndices locomotores sí podría suponer una pérdida de nutrientes minerales específicos. Es el caso del Ca (Figura 4), que, como se puede ver en la Figura 4, se ve muy reducido al extraer las patas y las alas, como resultado de la concentración de este elemento en estas estructuras.

El contenido de Ca aumenta conforme se va desarrollando el individuo, al contrario de lo que sucede en el caso del K y el Na (Figura 4), cuyos contenidos disminuyen con la madurez del individuo. De acuerdo a los valores que hemos obtenido (Figura 4), el consumo de 100 g de la especie *D. maroccanus* en forma deshidratada significaría, según el Real Decreto 1669/2009 (Ministerio de Presidencia, 2009), un consumo de entre el 21 y el 43 % de la Cantidad Diaria Recomendada (CDR) de K, entre el 54 y el 101% de la CDR de Ca y de entre el 8 y el 12% de la CDR de P, pudiéndose considerar un alimento especialmente rico en Ca y K.

Otros estudios sobre composición de acrídidos proporcionan contenidos de minerales muy variables en función de la especie (Anand et al., 2008; Blásquez et al., 2012; Chakravorty et al., 2014; Paul et al., 2016). De igual manera, los contenidos

nutricionales observados en la especie *D. maroccanus* son singulares de la misma y le podrían dar valor al consumo de esta especie en particular, especialmente por su contenido en Ca, entre los más elevados encontrados en la bibliografía sobre la composición de acrídidos.

6.5 EXTRACTIVOS NO-NITROGENADOS

Los valores estimados de ENN, entre 170 y 300 g/ kg (Figura 1), resultan elevados en comparación con el rango de variación de este componente reportada en otros estudios sobre acrídidos, entre 0 y 220 g/ kg (Anand et al., 2008; Blásquez et al., 2012; Chakravorty et al., 2014). Encontramos un fuerte contraste entre el contenido en las ninfas (N4 y N5) (300-360 g/ kg) y los individuos adultos (170-190 g/ kg). Como en el caso de la grasa, esta variación puede explicarse por el enriquecimiento relativo en proteína y fibra que se produce al desarrollarse el individuo. No obstante, en tal caso sería esperable encontrar una reducción del contenido de ENN al retirar los apéndices locomotores, pero solo hemos observado diferencias ligeras en los ENN de las muestras A y ASA (con y sin patas y alas). En este sentido, otro factor que podría contribuir al bajo valor de ENN en los adultos podría ser el gasto energético que resulta de la maduración sexual, desarrollo de los órganos genitales, producción de células germinales y actividad sexual.

6.6 ENERGÍA BRUTA

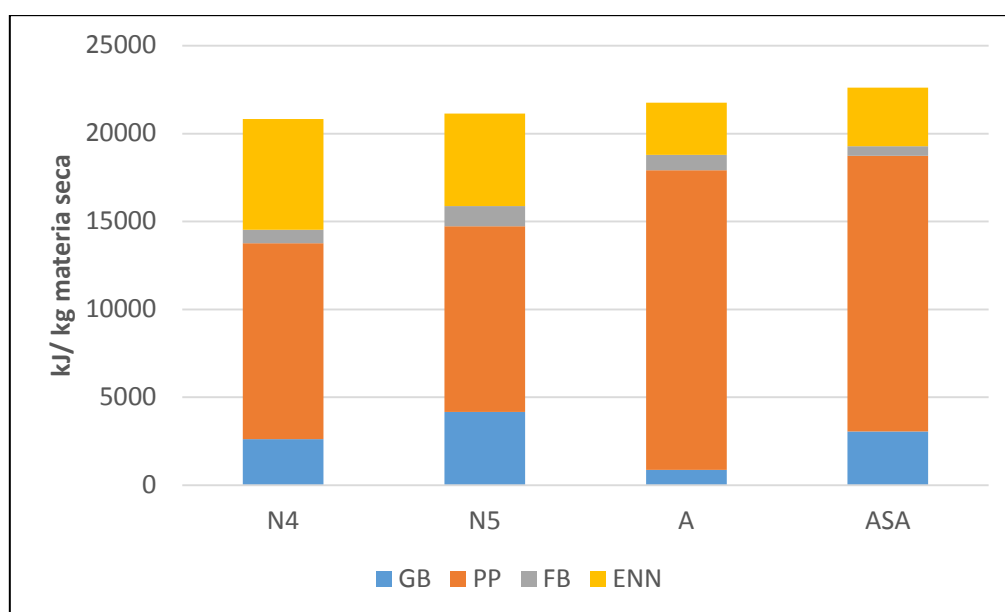


Figura 5: Comparación de la aportación que realizan los diferentes componentes sobre el aporte calórico de las cuatro muestras.

Las estimaciones del contenido calórico (Figura 5) proporcionaron valores entre 20 800 y 22 600 KJ/ kg, similares a los encontrados en otras langostas por Anand et al. (2008) (19 400 – 23 700 KJ/ kg) y Paul et al. (2016) (21 900 KJ/ kg), si bien Chakravorty et al. (2014) encontró valores inferiores (15 600-15 900 KJ/ kg). El contenido calórico aumenta ligeramente conforme se desarrolla el individuo, debido sobre todo al enriquecimiento en proteína, mientras que la contribución de los carbohidratos se ve reducida. Por otra parte, la extracción de las patas y las alas produce un notorio aumento en la aportación de las grasas al contenido calórico total, al verse incrementada su proporción relativa por la eliminación de contenido magro (sobre todo PP y FB).

6.7. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

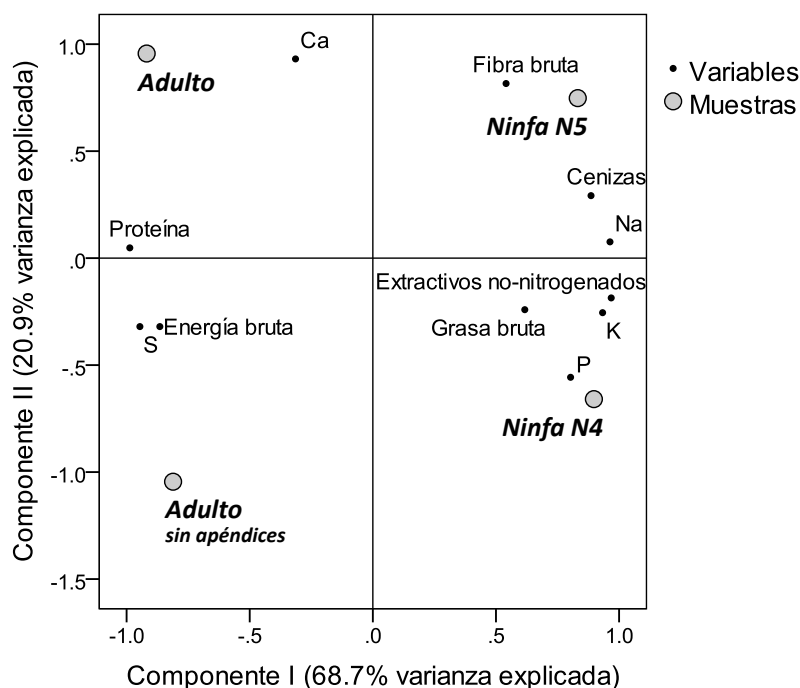


Figura 6: Diagrama de los dos primeros componentes del Análisis de Componentes Principales (ACP) de la composición bromatológica de las cuatro muestras

El ACP (Figura 6) resume en un único factor (Componente I) la mayor parte (68.7%) de la variación observada en nuestros resultados. Este factor separa los análisis de individuos adultos (A y ASA) (a la izquierda del diagrama) de los de los estados ninfales (N4 y N5) (derecha). Este Componente I asocia los adultos con mayores contenidos de PP y S y un mayor poder calórico y menores contenidos de ENN, GB, FB y de la mayoría de minerales (Na, K, P y ceniza total) que los de las ninfas. Un segundo factor, ya con menor poder explicativo (20.9% de varianza explicada), localiza las

muestras de adultos enteros (A) en su extremo positivo (arriba) y las asocia a mayores contenidos de Ca y FB que las muestras de adultos sin las patas ni alas (ASA), ubicadas en su extremo negativo (abajo).

En síntesis, el desarrollo de la langosta se acompañaría de un enriquecimiento en proteína, que confiere a los adultos un elevado poder calórico, pero también de un empobrecimiento en carbohidratos energéticos, fibra y grasa y de importantes nutrientes minerales como el P y K. Mientras, el Ca se acumula en el adulto asociado a la fibra, de manera que la retirada de las patas y las alas del alimento produce una reducción de los contenidos de estos dos componentes.

7. CONCLUSIONES

De la presente investigación sobre la composición bromatológica de la langosta mediterránea *D. maroccanus* y en relación con la posibilidad de su consumo, concluimos lo siguiente:

- Esta especie posee una muy elevada cantidad de proteínas, por lo que podría pasar a ser una nueva fuente de proteínas de origen animal de gran valor. Debido a esta característica, este producto podría ser interesante para el sector de personas preocupadas por su ingesta de proteínas.
- No posee una cantidad elevada de grasas. Queda por determinar el grado de insaturación de las mismas, a fin de comprobar la adecuación de su incorporación dentro de la dieta.
- Posee cantidades significativas de fibra alimentaria, de nuevo un rasgo de interés para su comercialización, al tratarse de un producto de origen animal que contiene fibra. Nuevos estudios habrían de profundizar en el efecto de esta fibra en el proceso digestivo.
- La composición bromatológica y contenido calórico del alimento varía en función del estado de desarrollo en que se encuentre el insecto y de la extracción o no de determinados apéndices. Ello confiere al alimento una importante flexibilidad que permitiría adecuarlo al mercado en función del sector al que se enfoque su comercialización.
- *D. maroccanus* es una especie que se encuentra en el entorno natural de Aragón. Sin embargo, su aprovechamiento (recolección o cría en cautiverio) requeriría fincas que no hayan sido tratadas con pesticidas o herbicidas, lo cual podría suponer un impedimento a la hora de su producción.
- Son precisos nuevos estudios que analicen la presencia de componentes antinutricionales o nocivos en el alimento estudiado.
- De manera general, concluimos que *D. maroccanus* presenta rasgos de interés en su composición químico-bromatológica que, unidas a su presencia natural en España y Aragón y a la necesidad de control de sus poblaciones, la hacen de gran interés para su aprovechamiento comercial en la dieta humana o del ganado.

8. CONCLUSIONS

From the present research on the bromatological composition of Moroccan locust *D. maroccanus*, and in relation to its potential as a food source, we conclude the following:

- This species has a very high content of protein, so it can be a valuable new source of protein of animal origin. Because of this, this food can be of interest for people concerned about their protein intake.
- It does not have a high level of fat. The degree of fat insaturation, which is relevant to the suitability of its addition to the diet, remains to be studied.
- It has considerable contents of dietary fiber. This is another feature of interest to its commercialization, as it is an animal food that contains fiber. New studies should explore the effect of this fiber in the digestion process.
- The bromatological composition and energy content of this food varies depending on the degree of development of the insect and on the removal or not of certain appendices. This provides this food an important flexibility which would allow adapting it to the market according to the sector to which the selling is focused.
- *D. maroccanus* is a species naturally located at the environment of Aragon. However, its exploitation (by harvesting or captive breeding) should require lands that had not been treated with pesticides or herbicides, which could be a constraint to its production.
- New studies are needed to analyze the presence of antinutritional or harmful components in the studied food.
- In general, we conclude that *D. maroccanus* shows features of interest in its chemical-bromatological composition which, added to its natural presence in Spain and Aragon and the need for control of its population, make it of huge interest for its commercial exploitation in human or livestock feeding.

9. APORTACIONES EN MATERIA DE APRENDIZAJE

La propuesta y realización de este TFG me ha permitido profundizar en un tema de estudio que es de mi interés particular. En su desarrollo, he tenido que buscar, analizar y sintetizar información sobre un tema poco estudiado y de gran actualidad en el campo de la ciencia y tecnología de los alimentos, en especial en España. Esta labor, desarrollada bajo la guía de los codirectores pero con un alto grado de autonomía, me ha permitido mejorar mis destrezas para recabar y seleccionar información, tanto en castellano como en inglés.

La realización de este TFG ha requerido además que aplicase conocimientos que he adquirido en muy diversas materias a lo largo de la carrera, así como resolver problemas y tomar decisiones en el contexto de una investigación científica. En especial, el desarrollo de la parte experimental me ha exigido refrescar, aplicar y ampliar mis conocimientos en materia de análisis, adquiridos al inicio de la carrera.

Por último, con la elaboración de la memoria del TFG, he tenido que comunicar los resultados de acuerdo a con las exigencias de rigor, concisión y eficacia propios del ámbito científico, mejorando mi competencia también en estos aspectos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Anand, H., Ganguly, A. & Haldar, P. (2008). Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. *International Journal of Poultry Science*, 7(7), 722-725.
- AOAC (2007) *Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th Ed., Revision 2*. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, EE.UU.
- Aragón, P., Coca-Abia, M. M., Llorente, V., & Lobo, J. M. (2013). Estimation of climatic favourable areas for locust outbreaks in Spain: integrating species' presence records and spatial information on outbreaks. *Journal of Applied Entomology*, 137(8), 610-623.
- Arias, A., Morales, E., Cobos, J. M., Sopena, J. M., & Martín, E. (1994). *La langosta Mediterranea Dociostaurus maroccanus (Thunberg)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Benlloch, M. & Cañizo, del, J. (1941). *Observaciones biológicas sobre la langosta común (Dociostaurus maroccanus Thunb.), recogidas en los años 1940 y 1941*. Dirección General de Agricultura. Sección de Plagas del campo y Fitopatología. Servicio de Lucha contra la langosta, 11: 1-15.
- Blasco Giraud, C. (2006) Fibra. En: J.M.S del Castillo (Ed.), *Nutrición básica humana*. Universitat de València. Pp. 139-150.
- Blásquez, J. R. E., Moreno, J. M. P. & Camacho, V. H. M. (2012). Could Grasshoppers Be a Nutritive Meal?. *Food and Nutrition Sciences*, 3(02), 164.
- Bodenheimer, F. S., & Shulov, A. (1951). Egg development and diapause in the Moroccan locust, *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg). *Bulletin Research Council of Israel*, 1, 59-75.
- Bukkens, S. G. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2-4), 287-319.
- Camacho Rodríguez, J. S. (2012). *El consumo de chapulines (Orthoptera: Acrididae) como una alternativa alimentaria en el municipio de Morelia, Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

- Chakravorty, J., Ghosh, S., Jung, C., Meyer-Rochow, V. B. (2014). Nutritional composition of *Chondacris rosea* and *Brachytrupes orientalis*: Two common insects used as food by tribes of Arunachal Pradesh, India. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17(3), 407-415.
- EFSA Scientific Committee (2015). *Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed*. EFSA Journal, 13(10), 1-60.
- Guerrero, A.; Coca-Abia, M. & Quero, C. (2017). The Moroccan Locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg): biology, Economic Impact and Control. In: Jenkins, O.P. (Ed.), *Advances in Animal Science and Zoology* Vol. 10. Pp. 13-57.
- Halloran, A., & Vantomme, p. *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. Food and Agriculture Organization (FAO).
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1-22.
- House, J. (2016). Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite*, 107, 47-59.
- Huis, A. V., Itterbeeck, J. V., Klunder, E. M., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Roma: FAO Forestry Paper.
- Latchininsky, A. V. (1998). Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815): a faunistic rarity or an important economic pest? *Journal of Insect Conservation*, 2, 167-178.
- Latchininsky A.V. (2010) Locusts. En: Breed M.D. and Moore J., (Eds.) *Encyclopedia of Animal Behavior*. vol. 2. Pp. 288-297
- Masson, L. (1997) Métodos analíticos para la determinación de humedad, alcohol, energía, materia grasa y colesterol en alimentos. En: C. Morón, I. Zacarías y S. de Pablo (Eds.), *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Santiago de Chile. Pp. 147-164

- Ministerio de la Presidencia (2009). Real Decreto 1669/2009, de 6 de noviembre, por el que se modifica la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 930/1992, de 17 de julio. *Boletín Oficial del Estado*.
- Morales-Agacino, E. (1951). Las ootecas de los acrídidos. *Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola*, 18: 89-109.
- Moreno-Márquez, V. (1943). Observaciones sobre la oviposición de *Dociostaurus maroccanus* (Thunb.). *Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola*, 12: 107-122.
- Moreno-Márquez, V. (1946). *Orientaciones para la localización de focos gregarígenos del Dociostaurus maroccanus*. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Agricultura. Sección de Plagas del campo y Fitopatología. Servicio de Lucha contra la langosta, 28: 1-15.
- NTE INEN (1991) 1771 Alimentos zootécnicos compuestos para camarones. *Determinación de nitrógeno no proteico*. Norma Técnica Ecuatoriana, Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- Oonincx, D., Broekhoven, S. V., Huis, A. V., & Loon, J. (2015). Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. (U. o. Nikos T Papadopoulos, Ed.) *PLoS ONE*, 10(12), 1-20.
- Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. (2015). Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) no 1169/2011 del Parlamento Europeo y del consejo y se derogan el Reglamento (CE) no 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) no 1852/2001 de la Comisión. *Diario Oficial de la Unión Europea*.
- Paoli, G. (1932). Osservazioni dulla biologia del *Dociostaurus maroccanus* in Italia nelle fasi gragaria e solitaria e sull'azione di alcuni insetti parassiti. *Nuovi Annali di Agricoltura*, 12, 627-639.

- Pasquier, R. (1934). Contribution à l'étude du Criquet marocain, *Dociostaurus maroccanus* Thunb., en Africa mineure. *Bulletin Société Histoire Naturelle Afrique du Nord*, 23(3), 167-200.
- Paul, A., Frederich, M., Uyttenbroek, R., Malik, P., Filocco, S., Richel, A. et al. (2016). Nutritional composition and rearing potential of the meadow grasshopper (*Chorthippus parallelus* Zetterstedt). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19, 1111-1116.
- Payne, C. L., Scarborough, P., Rayner, M., & Nonaka, K. (2016). Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70, 285-291.
- Pener, M. P., & Simpson, S. J. (2009). Locust phase polyphenism: an update. *Advances in Insect Physiology*, 36, 1-272
- Pener, M. P., & Yerushalmi, Y. (1998). The physiology of locust phase polymorphism: an update. *Journal of Insect Physiology*, 44, 365-377.
- Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 4357-4360.
- Quesada-Moraga, E., & Santiago-Álvarez, C. (2001). Assessment of sexual maturation in the Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg). *Journal of Oorthoptera Rresearch*, 10(1), 1-8.
- Shelomi, M. (2015). Why we still don't eat insects: Assessing entomophagy promotion through a diffusion of innovations framework. *Trends in Food Science & Technology*, 45, 311-318.
- Simpson, S. J., & Sword, G. A. (2008). Locusts. *Current Biology*, 18(9).
- Skaf, R. (1972). Le croquet marocain au Proche-Orient et sa grégarisation sous l'influence de l'homme. *Bulletin de la Societe ecologique de France*, 3(3), 247-325.
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J., Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 89, 129-151.

- Sword, G. A., Lecoq, M., & Simpson, S. J. (2010). Phase polyphenism and preventative locust management. *Journal of Insect Physiology*, 949-957.
- Uvarov, B. P. (1921). A revision of the genus *Locusta*, L. (*Pachytulus*, Fieb.) with a new theory as to the periodicity and migrations of locusta. *Bulletin Entomological Research*, 12, 135-163.
- Uvarov, B. P. (1928). *Grasshoppers and Locusts. A Handbook for their study and control*. London: The Imperial Bureau of Entomology.
- Verbeke, W. (2015). Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Quality and Preference*, 39, 147-155.
- Vigilancia Tecnológica. (2016). Los insectos, próximamente en el lineal del supermercado. *Vigilancia tecnológica*, 1-4.
- Yi, L., Lakemond, C., Sagis, L., Eisner-Schadler, V., Huis, A. v., & Boekel, M. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*, 141, 3341-3348.
- Zielińska, E., Baraniak B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77, 460-466.