

La introducción de las harinas de insectos como suplemento en la ración en rumiantes: una estrategia a adoptar a corto plazo ante la escasez de materias primas

Cristina Castillo, Rodrigo Muíño*, Jose Luis Benedito y Joaquín Hernández

Departamento de Patología Animal/IBADER, Facultad de Veterinaria, Campus Terra (Lugo), Universidad de Santiago de Compostela, España

Resumen

El crecimiento demográfico mundial está provocando un aumento en la demanda de alimentos de origen animal, entre la que se encuentra la carne y leche de rumiantes. Pero esta necesidad se enfrenta a una ideología que denuesta este sector por considerar su alimentación en clara competencia con los recursos destinados al consumo humano, al tiempo que contribuye a la degradación de los suelos y espacios naturales. Ante esta situación, es urgente buscar nuevas fuentes que puedan suplir en parte determinados componentes de la ración, al tiempo que aporten un valor añadido al producto final (carne/leche). El consumo de harina de insectos, debidamente procesados y bajo una estricta reglamentación que asegure su seguridad, emerge como una posibilidad que podría extenderse al ganado bovino, ovino y caprino.

En esta revisión pretendemos ofrecer los últimos estudios en lo que respecta a la legislación europea, los insectos que están permitidos, así como todos aquellos estudios realizados *in vivo* e *in vitro* en estas especies. La bibliografía citada demuestra que, si bien la calidad de la harina de insectos depende de la especie y forma de cría, su introducción como suplemento en la ración, no causa ningún perjuicio en dinámica ruminal ni la producción, pudiendo constituir una solución rentable y respetuosa con el medio ambiente.

Palabras clave: Nutrición, economía circular, ganadería de rumiantes, proteínas animales procesadas, harina de insectos.

The introduction of insect meal as a supplement in ruminant rations: a strategy to be adopted in the short term in the face of raw material scarcity. A review

Abstract

World population growth is causing an increase in the demand for food of animal origin, including ruminant meat and milk. But this need is confronted by an ideology rejecting this sector because it considers its food to be in direct competition with the resources destined for human consumption while contributing to the degradation of soils and natural spaces. Faced with this situation, it is urgent to look for

* Autor para correspondencia: rodrigo.muino.otero@usc.es

Cita del artículo: Castillo C., Muíño R., Benedito J.L., Hernández J. (en prensa). La introducción de las harinas de insectos como suplemento en la ración en rumiantes: una estrategia a adoptar a corto plazo ante la escasez de materias primas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria. Vol. xx: 1-12. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.021>



new sources that can partly supply some components of the ration, while providing an added value to the final product (meat/milk). The consumption of insect meal, duly processed and under strict regulations that ensure its safety, emerges as a possibility that could be extended to cattle, sheep and goats. In this revision, we intend to offer the latest studies regarding European legislation, the allowed insects, and all those studies carried out *in vivo* and *in vitro* in these species. All of them show that, although the quality of insect meal depends on the species and rearing method, its introduction as a supplement in the ration, does not cause any damage in ruminal dynamics or production and can be a profitable and environmentally friendly solution.

Keywords: Nutrition, circular economy, ruminant livestock, edible insects meal.

Introducción

El crecimiento de la población mundial está provocando un aumento de la demanda de alimentos de origen animal, como la carne y leche de rumiantes. Sin embargo, esta necesidad parece ser controvertida por dos razones: 1) contribuye al agotamiento de los recursos medioambientales; 2) las actuales fuentes de proteínas empleadas en su ración (como soja o trigo) están compitiendo ya con la alimentación humana, aumentando los precios para los ganaderos y, minimizando la rentabilidad de las explotaciones (Castillo et al., 2017; Van Huis, 2020; Toral et al., 2022; Díaz y Marcos, 2023).

En este debate, el punto de inflexión lo constituye el año 2022, por varias razones: 1) el inicio de la guerra Rusia-Ucrania que está dificultando y encareciendo el acceso a los cereales para consumo animal; 2) la persistente sequía que provoca una reducción de las cosechas; 3) los incendios en diversas zonas de Europa que causan el despoblamiento rural y la falta de oferta forrajera; y 4) la creciente presión medioambiental sobre este sector como una de las fuentes de emisión de metano que, junto con los gases derivados de la fermentación de su estiércol, contribuyen al aumento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Drewery, 2022; Toral et al., 2022). Como ejemplo de la crítica a este sistema de producción, es interesante el artículo publicado por Bianchi et al. (2022), que

promueve la sustitución del consumo de carne por determinados tipos de pescado de piscifactoría sostenible, debido a la reducción de la huella de carbono sin afectar a la calidad nutricional del pescado. El estudio llega a señalar que este tipo de alimento es más nutritivo incluso que la carne de vacuno.

El empleo de harinas de insectos en la alimentación de animales de abasto ha adquirido gran relevancia desde que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estableció en 2013 que la entomofagia era una solución viable para combatir el hambre en el mundo. Este concepto se ha extendido a la industria agropecuaria, y actualmente los insectos han pasado de ser considerados un residuo a ser un recurso (Proyecto Bioproinsect-FEUGA 2023: www.feuga.es/bioproinsect-innovacion-feuga), matiz que reviste gran interés ya que introduce el empleo de harina de insectos en el concepto de economía circular o *green economy*.

Actualmente las harinas de insectos se utilizan como suplemento en producciones animales concretas: acuicultura, gallinas, conejos, cerdos y animales de compañía (Ahmed et al., 2021; Díaz y Marcos, 2023). Pero su consumo para rumiantes no está tipificado (Domingues et al., 2020) y podría ser una solución viable en estos momentos críticos de sequía y encarecimiento de los costes en las materias primas, al ser ricos en proteínas y lípidos (Makkar et al., 2014; Sánchez-Muros et al., 2014; Recamán,

2023) y necesitar poca tierra y agua para su producción en comparación con los cultivos tradicionales. En la actualidad cuando el contenido proteico de los pastos es bajo, los ganaderos alimentan a sus animales con una fuente proteínica adicional como la harina de soja. Pero el cultivo de cereales también tiene repercusiones medioambientales: con frecuencia recurre al empleo de pesticidas y/o fertilizantes favoreciendo la producción de GEI (Drewery, 2022).

Como ejemplo del bajo consumo de agua que implica la cría de insectos, Koutsos et al., (2019) aluden al concepto de "contenido de agua virtual" (cantidad de agua necesaria pa-

ra producir un producto) exponiendo que para 1 kg de pollo, cerdo o ternera en todo el mundo ésta es de 1.498 L, 2.819 L y 9.678 L, respectivamente. En cambio, 1 kg de gusanos de la harina (*Tenebrio molitor*) tan sólo precisa de 25 L. Además, existen estudios que demuestran que los residuos locales de tipo agroindustrial pueden convertirse en sustrato para su cría (Terova et al., 2019; Gasco et al., 2020, Salgado, 2023; figura 1). El estudio publicado por Astuti y Wiryawan (2022) señala incluso que las larvas de mosca soldado negra criadas en estiércol de gallina contienen bacterias lácticas con potencial probiótico para bovinos, ovinos y caprinos.

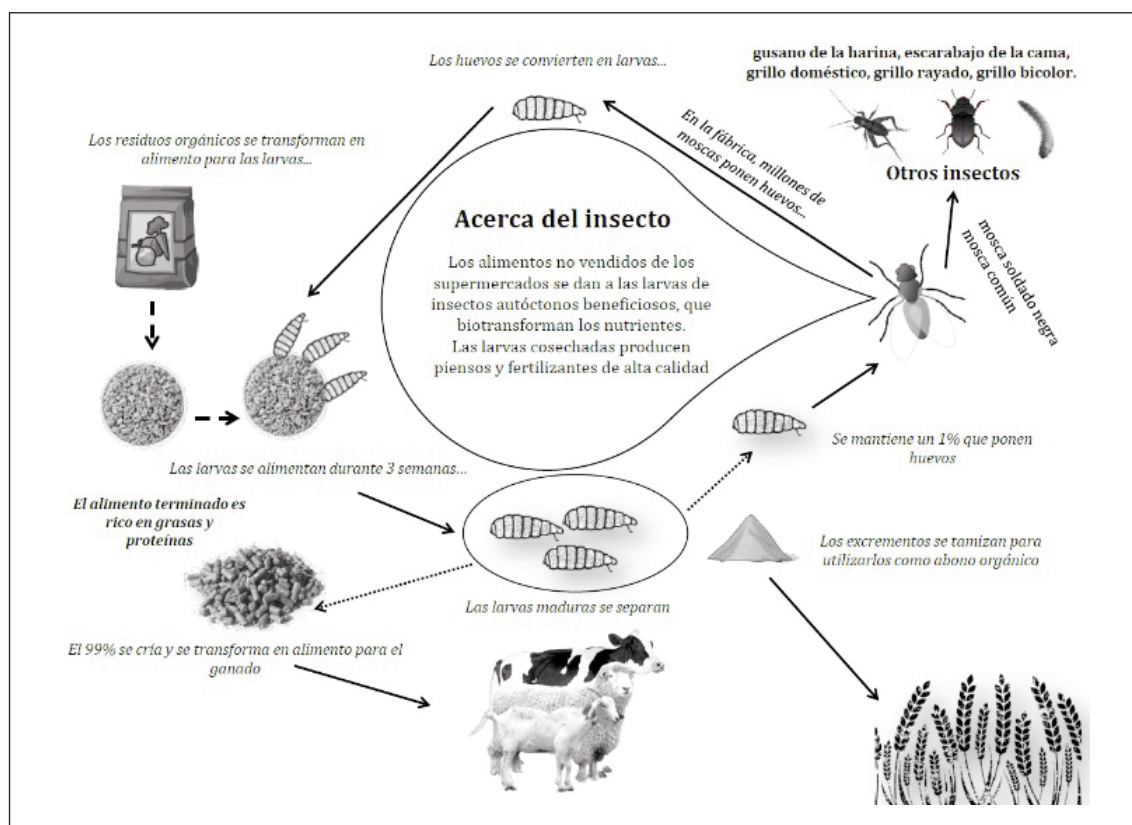


Figura 1. Ciclo de cría y producción de insectos para su posterior utilización en la alimentación de rumiantes. Figure 1. Insect breeding and production cycle for subsequent use in ruminant feed.

La no-inclusión de los rumiantes, por parte de la Unión Europea (UE), en el listado de animales a los que se pueden administrar harina de insectos como suplemento nutricional, puede modificarse a la luz de los acontecimientos geopolíticos y medioambientales existentes en Europa. El rumiante es un reciclador natural: su sistema digestivo especializado le permite convertir fuentes de nutrientes que el ser humano no puede digerir en alimentos proteicos de alta calidad como carne y leche, que satisfacen las necesidades nutricionales humanas.

En este artículo pretendemos ofrecer un análisis de la posibilidad de introducir suplementos a base de harina de insectos en la ración base en la producción de rumiantes (ovino caprino y bovino), valorando los beneficios que pueden obtenerse, en base a los estudios efectuados, así como las lagunas que a nivel de investigación quedan aún por resolver.

Marco legal en Europa y otras zonas del mundo

El 13 de febrero de 2018, la empresa EAP Group SAS (www.agronutris.com, ubicada en Francia) presentó una solicitud a la Comisión Europea, de conformidad con el artículo 10 del Reglamento (UE) 2015/2283, para comercializar el popularmente conocido como gusano de la harina desecado (larva de *Tenebrio molitor*) como alimento para los seres humanos, entrando así en la cadena alimentaria. El 03 de julio de 2018 y de conformidad con el artículo 10(3) del Reglamento (UE) 2015/2283, la Comisión solicitó a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) que emitiera un dictamen científico sobre este producto. Las conclusiones emitidas por EFSA indicaban que este insecto podría constituir un nuevo alimento, bien como entero, desecado o en polvo añadido a diversos productos como barritas energéti-

cas, pasta y galletas y, por tanto, consumido por la población general (EFSA Panel on Nutrition, 2021). Sin embargo, la introducción de insectos en la dieta es especialmente difícil en nuestra cultura, ya que los consumidores no los consideran alimentos por razones culturales (Domingues et al., 2020).

Una encuesta previa realizada en el marco del proyecto europeo PROteINSECT (2016) mostró que este rechazo disminuía significativamente cuando se consideraba su uso en la alimentación del ganado: el 73 % de los encuestados afirmó que estaría dispuesto a comer animales de granja que hubieran sido suplementados con harinas de insectos; casi dos tercios afirmaron que consideraban esta estrategia nutricional de poco o ningún riesgo para los consumidores (González Rosales, 2019), a lo que se unía el beneficio medioambiental y de bienestar animal, tal y como pudo constatar Sogari et al. (2021) en Italia, sugiriendo a los responsables políticos y al sector privado que aumentase la concienciación de los consumidores al respecto. Este concepto se hace extensible a España, en base a los resultados obtenidos por Ros-Baró et al. (2022).

Hay multitud de insectos presentes en la naturaleza, acuáticos y terrestres, pero no todos pueden ser usados para la alimentación, sea humana o animal. En el momento de seleccionar qué insecto es el apropiado en la cadena alimentaria hay muchos aspectos a considerar como la mayor o menor disponibilidad de este en función de la zona, la posibilidad de acumular residuos no deseables, como metales pesados, microplásticos, micotoxinas, xenobióticos, etc. (Koutsos et al., 2019). Es por ello que la UE define claramente los tipos de insectos que deben utilizarse (mediante producción en granjas especializadas y tras un procesamiento reglado), así como los requisitos imprescindibles: 1) no deben ser patógenos ni tener otros efectos adversos para la salud de las plantas, los animales o los seres humanos; 2) no deben ser vectores de

patógenos humanos o animales ni de patógenos vegetales, 3) no estar protegidos o definidos como especies alóctonas invasoras.

Sobre esta base, las siguientes especies cumplen las condiciones de seguridad mencionadas para la producción de insectos destinados a la alimentación animal en la UE: mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), mosca doméstica (*Musca domestica*), gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), escarabajo de la cama (*Alphitobius diaperinus*), grillo doméstico (*Acheta domestica*) o el gusano de seda (*Bombyx mori*). Estas especies son de rápido crecimiento y eficientes en la conversión de una variedad de residuos orgánicos en proteínas y lípidos (Reglamento 2017/893 de la Comisión Europea; Schiel et al., 2020).

Desde entonces, se habla de Proteínas Animales Procesadas (PAP), y el Reglamento (UE) 2017/893 de la Comisión autoriza el uso de este tipo de proteína transformada procedente de insectos y de piensos compuestos que la contengan (Díaz y Marcos, 2023) excluyendo a los rumiantes, probablemente porque aún persiste la sombra de la enfermedad de las vacas locas, cuando estaríamos ante una situación completamente distinta, dado el avance científico y sanitario que ha habido en este aspecto.

En enero de 2023, la Comisión Europea autorizó la comercialización de otro insecto, el *Alphitobius diaperionus* (o gusano de la harina menor; Reglamento (UE) 2023/5). El término "gusano de la harina menor" se refiere a la forma larvaria del *Alphitobius diaperinus*, una especie que pertenece a la familia de los Tenebrionidae (escarabajos oscuros). Además, la Comisión autorizó por primera vez la comercialización de polvo parcialmente desgrasado obtenido a partir de *Acheta domestica* (grillo doméstico) como nuevo alimento. Actualmente hay 8 solicitudes de insectos destinados a ser comercializados en diferentes formas, que están sujetas a una evaluación de seguridad por parte de EFSA (2022).

Sin embargo, la normativa legal sobre el uso de harina de insectos como suplemento varía en todo el mundo. Mientras que en los países en vías de desarrollo la normativa es laxa, en otros, como es el caso de Europa está muy controlada.

Como ejemplo de las distintas reglamentaciones, en Estados Unidos los insectos comestibles se consideran aditivos para piensos y, en la actualidad, sólo la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) se incluye como ingrediente en piensos restringidos a la acuicultura. En Canadá, las larvas de *Hermetia illucens* están autorizadas en los piensos para acuicultura y aves de corral. Brasil no ha desarrollado una legislación específica sobre el uso de harina de insectos en la alimentación animal, pero los PAP están permitidos en dietas para alimentar animales no rumiantes (Domingues et al., 2020). En países como China o Corea del Sur no se aplica ninguna limitación al respecto (Gasco et al., 2020).

¿Qué pueden aportar las harinas de insectos en la nutrición de los rumiantes?

Cuando se formulan raciones para cualquier producción ganadera, la digestibilidad y el valor nutritivo de los ingredientes son de vital importancia para satisfacer las necesidades de los animales y optimizar producciones y costes.

La composición nutricional de cada tipo de insecto varía en función de la especie, condiciones de cría, fisiología y el bioprocesado del mismo. En este sentido hay numerosas revisiones realizadas al respecto (Makkar et al., 2014; Sánchez-Muros et al., 2014; Kotsos et al., 2019) que describen con detalle las características nutricionales y físico-químicas de los más utilizados en diversas partes del mundo.

Lo que es común a todos ellos es: 1) El contenido en proteína bruta (PB) de las harinas

de insectos es elevado, oscilando entre el 42 y el 63 %, que es del mismo orden que el que presenta la harina de soja, generalmente utilizada en la elaboración de raciones ganaderas; 2) Los niveles globales de aminoácidos esenciales en las harinas de insectos son adecuados, variando entre especies; 3) En las harinas de insectos la concentración de ácido oleico y linoleico es superior a la ofrecida por el aceite de soja o el aceite de girasol; 4) Los estudios nutricionales confirman que la palatabilidad de la harina de insectos es buena y que puede sustituir a la soja en las dietas del ganado; 5) La harina de insectos también puede ser una fuente de compuestos bioactivos de alto valor, como péptidos con efectos inmunoestimulantes y antimicrobianos. De hecho, las propiedades antimicrobianas de la quitina de origen marino fueron el origen de su potencial aplicación como aditivo para piensos (Goiri et al., 2009; Belanche et al., 2016).

El componente lipídico de los insectos también es beneficioso al ser un sustrato rápido para obtener energía. El alto contenido de grasa, sobre todo en forma de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), favorece la reducción de la producción de CH_4 gracias a la reducción de la fermentación de la materia orgánica (MO), disminuyendo así el H_2 disponible para los metanógenos unido al efecto tóxico directo sobre bacterias celulolíticas y protozoos causando la interrupción de la integridad de la membrana celular (Ahmed et al., 2021; Honan et al., 2022). No obstante, la variación en los lípidos que reducen el CH_4 depende principalmente del tipo de ácidos grasos específicos de cada especie. Por ejemplo, la introducción de *Gryllus bimaculatus* (grillo mediterráneo) y *Bombyx mori* (gusano de seda) es capaz de reducir la producción de metano hasta un 18 % y un 16 %, respectivamente (Ahmed et al., 2021). La quitina o su derivado el quitosano es otro componente que puede contribuir a disminuir la metanogénesis. A través

de diferentes estudios, bien realizados en quitosano de origen marino (Goiri et al., 2009; Belanche et al., 2016) o procedente de insectos (Haryati et al., 2019) se pudo comprobar que la quitina y el quitosano mostraron la capacidad de modular la fermentación ruminal hacia una menor producción de acetato y mayor de propionato, reduciendo la producción de CH_4 y la población de metanógenos. El estudio de Hervás et al. (2022) compara el quitosano de origen marino (comparación de crustáceos) con el procedente de la mosca soldado negra. Los resultados de su trabajo señalan que la fuente de quitosano afecta a la biohidrogenación ruminal, inhibiendo el último paso de la cadena bioquímica y por tanto al perfil de AG formados en el rumen; de ahí que los diferentes estudios experimentales realizados *in vitro* ofrezcan resultados tan dispares, determinados por la dieta basal (relación forraje: concentrado), el tipo de quitina y su degradabilidad.

Por ello, el proceso de desacetilación de la quitina, generando no ya quitosano sino otros derivados como quitoligosacáridos o N-acetilglucosamina, con mayor capacidad de degradación constituye uno de los mayores retos de las empresas biotecnológicas en la actualidad (Salgado, 2023).

Si bien el contenido de PB es alto, se desconoce en gran medida el grado de degradación de sus proteínas ruminales. Aunque la evaluación de la degradación ruminal del N representa un primer paso clave para examinar el potencial de los nuevos piensos, es una tarea difícil debido a la falta de un método de referencia estandarizado (Toral et al., 2022).

Sin embargo, poco se sabe acerca de la presencia de algunos factores antinutricionales (por ejemplo, oxalatos, taninos, alcaloides, fitatos y saponinas), que pueden afectar a la digestibilidad de las proteínas y a la absorción de los minerales y, por consiguiente, reducir su biodisponibilidad. En la actualidad es una laguna en la investigación desarrollada

en este campo ya que no se dispone de información relativa a la interacción entre los nutrientes y antinutrientes proporcionados por las harinas de insectos (Ojha et al., 2021). Disponemos del estudio realizado por González Rosales (2019) quien evaluó la composición de fenoles y taninos en cuatro tipos de harinas: gusano de la harina (*Tenebrio molitor*); gusano rey (*Zophobas morio*); escarabajo de la cama (*Alphitobius diaperinus*), y grillo doméstico (*Acheta domesticus*) en comparación con la torta de soja. Los resultados mostraron que la torta de soja tenía un contenido en fenoles totales similares a los aportados por el escarabajo de la cama y el grillo doméstico y superiores a los registrados para el gusano de la harina o el gusano rey. En lo que respecta a los taninos totales, ninguno de los insectos muestreados superó las cantidades mostradas para la torta de soja. Es importante señalar que los componentes citados, tanto nutrientes como antinutrientes, son de origen vegetal y no son sintetizados por los insectos, sino que provienen de su dieta y básicamente se encuentran en insectos silvestres.

Estudios *in vitro* e *in vivo* realizados con rumiantes

Los primeros estudios publicados que hacen alusión al empleo de insectos en la alimentación de rumiantes datan del año 2017 y fueron realizados Jayanegara et al. (2017a) cuyo objetivo era evaluar la composición química, la fermentación ruminal *in vitro*, la digestibilidad y las emisiones de metano de algunos insectos: larva de grillo de campo jamaicano (*Gryllus assimilis*), larvas del gusano de la harina y larvas de mosca soldado negra de 1 y 2 semanas de edad (F1 y F2, respectivamente). Los resultados revelaron que todas las harinas de insectos contenían una elevada cantidad de PB (superior al 40 % MS). Las proporciones de proteína insoluble

en detergente neutro (esto es, la proteína no degradable e indisponible para el animal) eran más elevadas en las harinas de insectos que en la harina de soja y especialmente en las larvas de mosca soldado negra F2. Todas las harinas de insectos presentaron emisiones de metano inferiores a las proporcionadas por la harina de soja y de acuerdo con este orden: larvas de grillos < larvas de moscas < larvas de gusano de la harina. El único punto débil que encontraron fue su baja digestibilidad, sugiriendo la necesidad de ciertos tratamientos o métodos de procesamiento para eliminar la fracción del exoesqueleto o la quitina y elevar así sus valores nutricionales.

Años más tarde, Toral et al. (2022) realizaron un estudio para investigar el potencial de 4 insectos (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Alphitobius diaperinus* y *Acheta domesticus*) como fuentes alternativas de proteínas (en comparación con la harina de soja) para rumiantes, utilizando 3 metodologías: 1) técnica de regresión; 2) técnica convencional *in vitro* de cultivos; y 3) técnica *in situ* de la bolsa de nailon. Los resultados mostraron que, independientemente de la metodología, *Tenebrio molitor* mostró los valores más bajos y más altos de degradación ruminal del N y de digestibilidad intestinal, respectivamente, lo que la situaría como la mejor opción para sustituir la harina de soja de la dieta y aumentar la sostenibilidad de la alimentación de los rumiantes.

Jayanegara et al. (2017b) evaluaron qué cantidad podría ser la adecuada en el momento de introducir harina de larvas de mosca soldado negra, como sustituto de la harina de soja, en una dieta rica en forraje. El estudio *in vitro* de muestras de líquido ruminal, en los que se incubó diferentes mezclas de raciones: forraje, harina de soja y larvas de la mosca soldado negra de 1 semana (F1) y 2 semanas (F2) durante 48 h a 30 °C mostró que la suplementación con un 20 % de harina de mosca (en F1 o F2) era mejor que la suple-

mentación al 40 %, al favorecer la digestibilidad de la MS y MO. Se constató también que las dietas suplementadas con harinas de larvas de mosca producían menores emisiones de metano en comparación con las que contenían soja, siendo más acusado en aquellas harinas de larva de mosca en fase F2. Para los autores si bien las harinas de larvas de mosca soldado negra tenían menos valor nutricional que la soja, las menores emisiones de metano compensaban su uso.

En Japón, Ahmed *et al.* (2021) evaluaron la composición química y el impacto de la harina de cuatro insectos comestibles: grillo doméstico (*Acheta domesticus*), grillo gigante (*Brachytrupes portentosus*), grillo mediterráneo (*Gryllus bimaculatus*) y gusano de seda (*Bombyx mori*) sobre la digestibilidad, la fermentación ruminal y la producción de CH₄ cuando se utilizaban como sustitutos del 25 % de la harina de soja en una dieta para rumiantes mediante incubación *in vitro* de líquido ruminal de vacas Holstein. El análisis químico de las harinas era acorde con los registrados en estudios anteriores: un alto contenido en grasa y proteínas (con perfiles de aminoácidos casi idénticos a los aportados por la soja), un perfil de aminoácidos esenciales similar al de la harina de soja, así como una alta proporción de ácidos grasos insaturados (60-70 % MS). Los resultados mostraron que la sustitución del 25 % de harina de soja por la harina de los cuatro insectos evaluados en la dieta de rumiantes no afectó negativamente al perfil de fermentación ni a la digestibilidad de los nutrientes. Además, la inclusión de grillo mediterráneo y el gusano de seda en la dieta era capaz de reducir la producción de CH₄ hasta un 18,4 % y un 16,3 %, respectivamente. Por lo tanto, los insectos investigados podrían sustituir el 25 % de la costosa fuente de proteína de alta calidad que es la harina de soja sin ningún efecto negativo.

A mayores detectaron un aumento en la concentración de nitrógeno amoniacal (NH₃-N).

Este hecho puede estar relacionado con su alto contenido en proteína, favoreciendo la activación de las bacterias proteolíticas y la formación de NH₃-N, precursor de aminoácidos y de la síntesis de proteína microbiana en el rumen. No obstante, este resultado dependió del tipo de insecto empleado y la calidad de su proteína, en la siguiente secuencia: harina de soja (11,68 mg/dL) < *Gryllus bimaculatus* (13,03 mg/dL) < *Brachytrupes portentosus* (18,69 mg/dL) < *Bombyx mori* (19,45 mg/dL) < *Acheta domesticus* (23,89 mg/dL).

En Estados Unidos, Fukuda *et al.* (2022) evaluaron los efectos de las larvas de mosca soldado negra como suplemento proteico en novillos de carne, comparando su eficiencia productiva con las fuentes proteicas convencionales (semilla de algodón y harina de soja). Los datos revelaron que la harina de insecto no tenía efectos negativos sobre la producción ruminal de NH₃-N, de ácidos grasos volátiles o el pH ruminal, concluyendo que la suplementación de la ración con ella podría ser un suplemento eficaz, especialmente para aquel ganado que consume forraje de baja calidad.

Centrándonos en el contenido lipídico, Hervás *et al.* (2022) compararon los aceites procedentes de la soja, mosca soldado negra, grillo o gusano de seda. Sus resultados confirmaron que los tres aceites de insecto pueden sustituir convenientemente al aceite de soja, ya que no ejercen efectos negativos sobre la fermentación ruminal. Al comparar especies, el aceite de grillo representaría la alternativa más interesante sobre las otras dos, ya que aumenta la concentración del AG *trans*-10 18:1, beneficiosa para la salud, sin alterar la concentración de *trans*-10 18:1.

En la búsqueda de más propiedades beneficiosas de este suplemento, destaca el estudio realizado por Astuti y Wiryawan (2022) en larvas de mosca soldado negra cultivadas en estiércol de pollo, y en las que se detectaron bacterias productoras de ácido láctico, que además de poder actuar como probióticos en

sustitución de los antibióticos como promotores del crecimiento, también producían peróxido de hidrógeno, y bacteriocinas (sustancias extracelulares producidas por diferentes tipos de bacterias, incluyendo tanto especies Gram positivas como Gram negativas). Se demostró que la formación de estos productos inhibía la proliferación de *Escherichia coli* en terneros jóvenes, reduciendo la incidencia de diarrea y mejorando el aumento de peso y la eficiencia productiva.

En Europa, existen también estudios relacionados con este suplemento. El artículo publicado por Renna et al (2022) evalúa ocho harinas completas de insectos (*Acheta domestica*; *Alphitobius diaperinus*; *Blatta lateralis*; *Gryllus bimaculatus*; *Grylloides sygillatus*; *Hermetia illucens*; *Musca domestica*; y *Tenebrio molitor*) como fuentes potenciales de proteínas y lípidos en la ración de rumiantes. Se midieron los parámetros de fermentación y los ácidos grasos (AG) de la digesta ruminal tras 24 h de incubación *in vitro* y se compararon con los de tres harinas vegetales (harina de soja, harina de colza y harina de girasol) y harina de pescado. Al igual que con la harina de pescado, las harinas de insectos dieron lugar a una producción total de CH₄ significativamente menor (en promedio: 0,33 frente a 0,91 mmol/g MS) y producción de AG volátiles (en promedio: 4,12 frente a 7,53 mmol/g MS) en comparación con las harinas vegetales. También generaron un menor contenido de amoníaco en el líquido ruminal, expresado como proporción del N total (en promedio: 0,74 en el caso de las harinas vegetales frente a 0,52 para las harinas de insectos). Las diferencias en los parámetros de fermentación ruminal entre las harinas de insectos podrían explicarse en parte por su contenido en quitina, proteína bruta y extracto etéreo, así como por su perfil de AG, especialmente en el caso de *Musca domestica* rica en AG poliinsaturados. En general, el alto contenido de AG encontrados (que varía en función del insecto empleado, pero en cualquier caso superior al

de harinas vegetales) podría ser interesante para mejorar la calidad de los productos alimenticios derivados de rumiantes (carne/leche), dentro de lo que conocemos como “fortificación alimentaria” (Castillo et al., 2017).

Si se trata de saber cuál es la cantidad adecuada a suplementar, Ahmed y Nishida (2023) publicaron los resultados de un estudio *in vitro* para determinar los niveles óptimos de inclusión de dos especies de insectos (*Gryllus bimaculatus* y *Bombyx mori*) en una dieta para rumiantes, así como para evaluar sus efectos sobre las características de fermentación ruminal y la producción de metano. La dieta base consistía en 60 %:40 % hierba: concentrado, al que se iban incorporando harina de insectos en la dieta al 10, 20, 30 y 40 % mediante su sustitución en la mezcla de concentrado. Los parámetros de fermentación ruminal ratificaban lo señalado por Jayanegara et al. (2017b) y Ahmed et al. (2021): se puede incluir entre un 20-25 % de harina de insectos sin efectos adversos sobre la digestibilidad de los nutrientes, al tiempo que se incrementa la producción de nitrógeno amoniacal. Valores superiores si bien disminuyen significativamente la producción total de gas, puede tener efectos adversos en la digestibilidad y la síntesis de AGV debido al alto contenido de grasa.

Conclusiones

Para concluir esta revisión, el empleo de un residuo como son las harinas de insectos ofrece amplias posibilidades en un entorno agropecuario cada vez más complicado. Aunque existen numerosos estudios *in vitro*, es necesario comenzar a realizar estudios *in vivo*, valorando el momento productivo del rumiante, el tipo de insecto empleado, su composición y la cantidad suplementada o mismo el cambio, en cuanto a los análisis físico-químicos de la ración que tendría la adición o no de este

suplemento con el fin de que la ración suplementada sea capaz de cubrir las necesidades fisiológicas y productivas de los rumiantes en base a su aptitud (carne/leche) y nivel de producción.

Por ello, la introducción de cualquiera de las especies de insectos, su forma de cría, procesamiento y composición química final deberían quedar claramente especificados en el momento de la comercialización del suplemento.

Referencias bibliográficas

- Ahmed E., Fukuma N., Hanada M., Nishida T. (2021). Insects as novel ruminant feed and a potential mitigation strategy for methane emissions. *Animals* 11: 2648. <https://doi.org/10.3390/ani11092648>.
- Ahmed E., Nishida T. (2023). Optimal inclusion levels of cricket and silkworm as alternative ruminant feed: A study on their impacts on rumen fermentation and gas production. *Sustainability* 15(2): 1415. <https://doi.org/10.3390/su15021415>.
- Astuti D.A., Wiryawan K.G. (2022). Black soldier fly as feed ingredient for ruminants. *Animal Bioscience* 35 (2): 356-363. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0460>.
- Belanche A., Pinloche E., Preskett D., Newbold C.J. (2016). Effects and mode of action of chitosan and ivy fruit saponins on the microbiome, fermentation and methanogenesis in the rumen simulation technique. *FEMS Microbiology Ecology* 92 (1): fiv160. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiv160>.
- Bianchi M., Hallström E., Parker R.W.R., Mifflin K., Tyedmers P., Ziegler F. (2022). Assessing sea-food nutritional diversity together with climate impacts informs more comprehensive dietary advice. *Communications Earth & Environment* 3: 188. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00516-4>.
- Castillo C., Abuelo A., Hernández J. (2017). Biotechnological approaches to improve sustainable milk and meat yield in bovines. En: *Reference Module in Food Sciences* (Ed. Smithers G.), pp. 1-27. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21288-2>
- Díaz L.E., Marcos A. (2023). Insectos en alimentación animal y humana: pasado, presente y futuro. *Mundo CESFAC* 59: 30-39.
- DiGiacomo K., Leury B. (2019). Review: Insect meal: a future source of protein feed for pigs?. *Animal* 13(12): 3022-3030. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001873>
- Domingues C.H.dF., Borges J.A.R., Ruviano C.F., Gomes D., Carrijo J.R.M. (2020). Understanding the factors influencing consumer willingness to accept the use of insects to feed poultry, cattle, pigs and fish in Brazil. *PLoS ONE* 15(4): e0224059. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224059>
- Drewery M. (2022). Feeding insects to cattle could make meat and milk production more sustainable. Disponible en: <https://theconversation.com/feeding-insects-to-cattle-could-make-meat-and-milk-production-more-sustainable-176223>. (Consultado: 9 septiembre 2022)
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor larva*) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 19(1): 6343. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>.
- EFSA (2022). Approval of fourth insect as a Novel Food. Disponible en: <https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations/approval-insect-novel-food> (Consultado: 8 septiembre 2022)
- European PROteINSECT Project (2016). Insect protein: Feed for the future. Addressing the need for feeds of the future today. Disponible en: <https://www.proteinsect.eu>. (Consultado: 8 septiembre 2022)
- Fukuda E.P., Cox J.R., Wickersham T.A., Drewery M.L. (2022). Evaluation of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as a protein supplement for beef steers consuming low-quality forage. *Translational Animal Science* 6: txac018. <https://doi.org/10.1093/tas/txac018>
- Gasco L., Biancarosa I., Liland N.S. (2020). From waste to feed: A review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for

- animal feeds. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 23: 67-79. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.003>
- Goiri I., Garcia-Rodriguez A., Oregui L. (2009). Effect of chitosans on *in vitro* rumen digestion and fermentation of maize silage. *Animal Feed Science and Technology* 148: 276-287. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.04.007>.
- González Rosales M.G. (2019). Uso de harinas de insectos en la alimentación de rumiantes: Valoración proteica y tratamiento con taninos Trabajo Fin de Máster Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM).
- Haryati R.P., Jayanegara A., Laconi E.B., Ridla M., Suptijah P. (2019). Evaluation of chitin and chitosan from insect as feed additives to mitigate ruminal methane emission. *Proceedings of the International Conference on Biology and Applied Science (ICOBAS)*, 13-14 Marzo, Malang, Indonesia, pp. 40008. <https://doi.org/10.1063/1.5115646>
- Hervás G., Boussalia Y., Labbouz Y., Della Badia A., Toral P.G., Frutos P. (2022). Insect oils and chitosan in sheep feeding: Effects on *in vitro* ruminal biohydrogenation and fermentation. *Animal Feed Science and Technology* 285: 115222. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2022.115222>.
- Honan M., Feng X., Tricarico J.M., Kebreab E. (2022). Feed additives as a strategic approach to reduce enteric methane production in cattle: Modes of action, effectiveness and safety. *Animal Production Science* 62: 1303-1317. <https://doi.org/10.1071/AN20295>.
- Jayanegara A., Novandri B., Yantina N., Ridla M. (2017a). Use of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) to substitute soybean meal in ruminant diet: An *in vitro* rumen fermentation study. *Veterinary World* 10(12): 1439-1446. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1439-1446>
- Jayanegara A., Yantina N., Novandri B., Laconi E.B., Nahrowi N., Ridla M. (2017b). Evaluation of some insects as potential feed ingredients for ruminants: chemical composition, *in vitro* rumen fermentation and methane emissions. *Journal of Indonesian Tropical Animal Agriculture* 42(4): 247-254. <https://doi.org/10.14710/jitaa.42.4.247-254>.
- Koutsos L., McComb A., Finke M. (2019). Insect composition and uses in animal feeding applications: A brief review. *Annals of the Entomological Society of America* 112(6): 544-551. <http://dx.doi.org/10.1093/aesa/saz033>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Navarro del Hierro J., Gutiérrez-Docio A., Otero P., Reglero G., Martín D. (2020). Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor*. *Food Chemistry* 309: 125742. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125742>
- Ojha S., Bekhit A.E., Grune T., Schlüter O.K. (2021). Bioavailability of nutrients from edible insects. *Current Opinion in Food Science* 41: 240-248. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.003>.
- Recamán R. (2023). Revalorización de subproductos mediante el uso de insectos. En: Bioprocesado de insectos para la obtención de productos de valor añadido. Proyecto Bioproinsect-FEUGA 2023. Disponible en: <https://www.feuga.es/bioproinsect-innovacion-feuga>. (Consultado: 6 de julio de 2023)
- Reglamento (UE) 2017/893, del 24 de mayo de 2017, que modifica los anexos I y IV del Reglamento (CE) n.o 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo y los anexos X, XIV y XV del Reglamento (UE) n.o 142/2011 de la Comisión por lo que se refiere a las disposiciones sobre proteína animal transformada. *Diario Oficial de la Unión Europea*, serie L 138, de 25 de mayo de 2017, pp. 92-116. (Consultado: 5 de noviembre de 2023)
- Reglamento (UE) 2023/5, del 3 de enero de 2023, por el que se autoriza la comercialización de polvo parcialmente desgrasado de *Acheta domesticus* (grillo doméstico) como nuevo alimento y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470. *Diario Oficial de la Unión Europea*, serie L 2, de 4 de enero de 2023, pp. 9-15. (Consultado: 5 de noviembre de 2023)

- Renna M., Coppa M., Lussiana C., Le Morvan C., Gasco L., Maxin G. (2022). Full-fat insect meals in ruminant nutrition: in vitro rumen fermentation characteristics and lipid biohydrogenation. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 13: 138 <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00792-2>
- Ros-Baró M., Sánchez-Socarrás V., Santos-Pagès M., Bach-Faig A., Aguilar-Martínez A. (2022). Consumers' acceptability and perception of edible insects as an emerging protein source. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19: 15756. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315756>
- Salgado J.M. (2023). Tecnologías de bajo impacto ambiental para la valorización de subproductos de granjas de insectos. En: *Bioprocesado de insectos para la obtención de productos de valor añadido. Proyecto Bioproinsect-FEUGA 2023*. Disponible en: <https://www.feuga.es/bioproinsect-innovacion-feuga>. (Consultado: 6 de julio de 2023)
- 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>
- Schiel L., Wind C., Braun P.G., Koethe M. (2020). Legal framework for the marketing of food insects in the European Union. *Ernahrungs Umschau International* 67(4): 76-85. <https://doi.org/10.4455/eu.2020.015>
- Sogari G., Menozzi D., Mora C., Gariglio M., Gasco L., Schiavone A. (2021). How information affects consumers' purchase intention and willingness to pay for poultry farmed with insect-based meal and live insects. *Journal of Insects as Food and Feed*: 8(2): 197-206. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0034>
- Terova G., Rimoldi S., Ascione C., Gini E., Ceccotti C., Gasco L. (2019). Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gut microbiota is modulated by insect meal from *Hermetia illucens prepupae* in the diet. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 29: 465-486. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09558-y>
- Toral P.G., Hervás G., González-Rosales M.G., Mendoza A.G., Robles-Jiménez L.E., Frutos P. (2022). Insects as alternative feed for ruminants: comparison of protein evaluation methods. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 13:21. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00671-2>
- Van Huis A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed* 6(1): 27-44. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0017>
- (Aceptado para publicación el 6 de noviembre de 2023)