

Alternativas de alimentación de monogástricos a base de larvas de Soldado Negro (*Hermetia illucens*): Revisión de literatura.

Monogastric feeding alternatives based on Black Soldier larvae (*Hermetia illucens*): Literature review.

Figueredo Matheus, J.A.; Albarracín Balaguera, M.A.

Universidad Cooperativa de Colombia - Bucaramanga

Contacto autores: julieth.figueredomth@gmail.com

Fecha de recepción: 10 de abril 2021

Fecha de aceptación: 5 de mayo 2021

Documento presentado como ponencia en el V SIPAE

Resumen

El crecimiento de la población humana mundial y de sus ingresos impulsa la demanda de alimentos y cambia las preferencias dietéticas hacia un mayor consumo de productos de origen animal. Siendo los insectos fuente natural de alimento para varias especies animales, la producción y posterior inclusión de estos en sus dietas es materia de investigación en la última década. La mosca soldado negro MSN (*Hermetia illucens*) posee características únicas que han hecho que sea reconocida como modelo para reducir el desperdicio orgánico al mismo tiempo que se produce biomasa de alto valor biológico. En este sentido, el objetivo de la presente revisión es describir la viabilidad de incorporar larvas de mosca soldado negro en la alimentación de monogástricos, fundamentado en el conocimiento de su potencial productivo de biomasa, características nutricionales y alimenticias y la inclusión idónea en dietas de varias especies animales.

Palabras claves: Mosca soldado negro, inclusión, dietas, monogástricos.

Abstract:

World population and income growth drives up food demand and change people's dietary preferences towards a greater consumption of animal origin products. Insects are natural source of food for many animal species, reason why in the last decade its inclusion in their diets is being research. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) has been recognized as a model to reduce organic waste at the same time its high biological value biomass is produced. Hence, the objective of the present review is to describe the feasibility of black soldier inclusion in monogastric feeding, based on the knowledge of its biomass productive potential, nutritional characteristics and ideal inclusion in varied animal species.

Keywords: black soldier fly, inclusion, diets, monogastrics.

Introducción

Naciones Unidas proyecta que para 2050 la población mundial de seres humanos será de 9.7 mil millones, lo que significa un aumento de alrededor del 32% en comparación con la existente en el 2015 (1), aumentando la presión sobre los sectores de alimentos para maximizar la producción y reducir el desperdicio (2, 3). Lo anterior, ha llevado a la búsqueda de fuentes proteicas alternativas para reemplazo parcial o total que cumplan con composición nutricional de calidad y que además representen ventajas sociales, económicas y ambientales (6). Una de estas alternativas son los insectos, que además de hacer parte de la dieta natural de aves, cerdos, peces dulceacuícolas y marinos, también son ricos en proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, tienen una menor huella de carbono (resultados enuncian favorabilidad para la producción de proteína a partir de los insectos, puesto que recursos como tierra, agua, energía y alimento son usados en menor medida, proporcionan más proteína y contribuyen menos al cambio climático debido a que generan menos emisiones de gases de efecto invernadero y menores niveles de contaminantes como el amoníaco (7) (Ver tabla 1)) y pueden ser alimentados a partir de residuos orgánicos no aprovechables (8).

La Mosca Soldado Negro (MSN) ha sido reconocida como insecto promisorio para el manejo de problemas ambientales tales como el manejo de estiércol y desechos orgánicos, al reducir la cantidad, contenido de humedad y malos olores (9); asimismo su potencial uso en alimentación animal gracias a contenidos proteicos de entre 37% y 67% en base de materia seca y contenido graso máximo del 49% (10).

Contexto mundial de la producción de insectos para alimentación animal.

Los insectos en entornos naturales juegan un papel vital en la biodegradación de residuos. Larvas de escarabajos, hormigas, termitas y moscas limpian la materia de plantas y animales muertos, descomponiéndola hasta estar en condiciones de ser consumida por bacterias y hongos (9). Así mismo, poseen características como fácil crecimiento y reproducción, alta tasa de conversión alimenticia (siendo poiquiloterms no usan la energía de los alimentos para mantener la temperatura corporal) (11) y el cultivo de estos en residuos orgánicos considerados de baja calidad, pero con resultados de producción de biomasa de alto valor biológico (8,12).

Dependiendo de la especie y de la etapa, los insectos pueden ser más ricos en proteínas y/o lípidos (13). En la definición de la FAO/OMS la mayoría de los insectos (89%) se consideran "ricos en proteínas" y su digestibilidad comparable a otras proteínas de origen animal e incluso superior a algunas proteínas de origen vegetal (14). Según la base de datos de la FAO/INFOODS el contenido proteico de 203 especies de insectos oscila entre el 1.8% y el

72.7%, con un promedio del 23.3%. En cuanto al contenido graso, la variación también es considerable (del 0.66% al 77.13%) (12). De igual modo, los insectos son ricos en una variedad de micronutrientes como riboflavina, ácido pantoténico, biotina y en algunos casos ácido fólico y minerales como magnesio, manganeso, hierro, cobre, fósforo, zinc y selenio (14).

Insectos de diversos ordenes han sido evaluados a nivel mundial para hacer un reemplazo parcial/total de harinas de soya/pescado, reconociendo gran potencial nutritivo en 6 específicos: Blattodea, Coleoptera, Diptera, Isoptera, Lepidoptera y Orthoptera, en este último fueron identificadas especies con valores de proteína cruda incluso superiores a la harina de pescado (70.6%); tal es el caso de *Boopedon flaviventris* (76%), *Melanoplus mexicanus* (77.1%) y *Sphenarium histrio* (74.8%). Valores similares o ligeramente inferiores al de la harina de pescado en los órdenes Coleoptera y Orthoptera para las especies *Metamasius spinolae* (69.1%) y *Drosophila melanogaster* (70.1%) (4).

Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*) como alternativa en la alimentación animal.

La mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) pertenece a la familia Stratiomyidae, nativa de las zonas tropicales y subtropicales con climas templados a cálidos del continente americano (12). Su ciclo de vida comprende 4 fases: huevo, larva, pupa y etapa adulta. Es en las etapas de larva madura y prepupa temprana que deben ser seleccionadas para la generación de comida debido a que es el momento en que la proteína y grasa cruda tienen los niveles más altos (15, 16).

La Mosca Soldado Negro aparece como candidata para su producción en masa debido a que posee un corto ciclo de vida entre 42.18 a 77.67 días (según el sustrato y la temperatura) (17); pone un alto número de huevos (500 a 1000) (18), es polífaga y su larva se alimenta a un ritmo rápido (25-500 mg/larva/día) (19), posee tasa de supervivencia en estadíos larvales entre el 72-86%, siendo de las más altas entre los insectos de cultivo (20); resultados de reducción en la base total sólida de 50-55.1% en material de desecho como residuos de cocina (21); conversión en biomasa aprovechable entre el 8% y el 22.9% (22); altas densidades de hasta 0.62 larvas/cm² obteniendo los mejores resultados en contenido de proteína cruda y de hasta 1.23 larvas/cm² con óptimos contenidos de grasa (23), además baja vulnerabilidad ante enfermedades en comparación a otros insectos utilizados en la alimentación humana y/o animal, tales como mosca doméstica, grillo casero y el gusano de harina. La única sin reporte oficial de enfermedad resultó ser la mosca soldado negro (24).

Las larvas de la MSN pueden ser empleadas como base para una prometedora tecnología que mantenga una economía circular donde no se produce desperdicio y se reduce el consumo de materias primas y energía debido al mejoramiento de su utilización basada en las interrelaciones entre el medio ambiente y la economía (25). Debido a la versatilidad de la larva para obtener

crecimientos satisfactorios y buenas conversiones alimenticias (26) en sustratos como residuos orgánicos municipales, de restaurante y de mercados (27), de comida procesada y plantas de beneficio animal y hasta estiércol de aves (28), cerdos, equinos (29) y humanos, donde lo que resta es el establecimiento de la infraestructura que dependerá del nivel de producción proyectado a tratar.

Es así como a nivel industrial ya existen compañías donde se tratan diariamente de 200-1000 toneladas diarias de residuos de cervecería, de alimentos, estiércol de pollo, etc., con énfasis en la producción de proteína de alta calidad (30); a mediana escala y con ejemplo instalado en Latinoamérica, se encuentran sistemas de gestión de residuos con una capacidad de tratamiento diario de 10 toneladas (31) y a pequeña escala están las mini plantas de tratamiento con enfoque de autosuficiencia para tratar los propios desechos al tiempo que produce el alimento para sus propios animales (30).

Valor nutricional de la larva de Mosca Soldado Negro

El trabajo realizado por Barragán et al., 2017 (25) compila toda la información referente al valor nutricional de la mosca además de destacar su conveniencia como alimento para animales y el cultivo de la misma, por lo que en la presente revisión no se profundiza cada aspecto composicional sino que se exponen los resultados de estudios (5,6,32) (Ver tabla 2.) donde hay comparación de diversos sustratos y evaluación de cada ítem del contenido nutricional que sirve como referencia general del valor biológico de la larva de Mosca Soldado Negro.

Allí es posible observar cómo a pesar de la variación del sustrato y por tanto de su composición nutricional, el contenido proteico de la larva Soldado Negro no muestra mayor variación (conserva valores entre 38,55% y 62,7%), factor determinante junto con el contenido de aminoácidos para el balanceo de dietas y mejores resultados de desempeño zootécnico en los animales de abasto.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que sustratos como estiércol y residuos de plantas de beneficio tienen carácter de manejo de residuos donde la mosca Soldado Negro se incorpora como tratamiento de los mismos, más su producto en forma de biomasa larvaria no tiene posibilidad de incorporación en dietas de animales, lo que se hace expreso en normatividad de países en que es posible la inclusión de la larva, pero no cuando es cultivada en este tipo de sustratos (33).

Uso de larvas de Mosca Soldado Negro en la alimentación de monogástricos

El reemplazo de harinas o aceites de soya o de pescado en la dieta de diversas especies ha sido estudiado, generando resultados variables intra e inter-especie, razón por la cual según el sistema de producción se recopila

información que aporta al conocimiento del mejor porcentaje de reemplazo/inclusión en las dietas.

Tabla 1. Sugerencias para implementación en aves postura

	% Reemplazo dieta	Composición nutricional	Resultados	Variables	Etapas	Referencia
Aves de postura	1 5	PC: 55,9% MS: 17,8% Cenizas: 0,81%	5% óptimo	Producción diaria, peso del huevo, fertilidad	Semana 39-fin ciclo	Al-Qazzaz MFA et al., 2016(86)
	25 de HS 50 de HS	PC: 55,6% MS: 92,7% Cenizas: 7,8%	25% óptimo	Porcentaje de postura y peso el huevo.	Semana 20 a 40	Bovera F et al.,2018(87)
	5 7,5	PC: 56,1% MS: 97,5%	7,5% óptimo	Producción diaria de huevo/ave, peso individual del huevo	Semana 19 a 27	Mwaniki et al., 2018(88)
	100 de HS	PC: 17,9% MS: 90,5% Cenizas: 14,2%	100% recomendado	Mejor conversión alimenticia pero menor porcentaje de postura, ingesta de alimento, peso promedio del huevo	Semana 24 a 45	Marono et al., 2017(89)
	100 de HS	PC: 18,1% MS: 90,1% Cenizas: 14,2%	Mejor composición de γ -tocoferol, luteína, β -caroteno y carotenoides totales. Menor contenido de colesterol	Composición nutricional del huevo: peso huevo, yema, cáscara, albumina, color de la yema, contenido de tocoferol y carotenos.	Semana 24 a 45	Secciet al., 2018(90)

Aves de postura. Aunque los resultados (tabla 1) no convergen respecto al mejor nivel de reemplazo de la harina de soya, sí es reconocida como ventaja nutricional la adición de harina de MSN en las gallinas sin alterar parámetros zootécnicos (34) ni calidad del huevo (35). Más ensayos donde se determine el nivel óptimo de inclusión son necesarios para tener provecho de la adición de la mosca y reducción de la dependencia de la harina de soya.

Aves de engorde. A partir de los resultados (tabla 2.), es posible concluir que la inclusión de harina a base de mosca soldado negro puede hacerse en cualquier etapa del ciclo productivo del pollo (36) y en niveles de reemplazo de la harina de soya de hasta el 100% sin presentar diferencias significativas en los parámetros zootécnicos (37). Sin embargo, considerando que la harina de esta larva ha mostrado ser deficiente en aminoácidos sulfurados, para reemplazos y rendimientos satisfactorios la suplementación de estos es recomendado (38).

Así mismo, han sido realizadas evaluaciones organolépticas (aroma, color, jugosidad y terneza) del producto con resultados positivos respecto a los grupos controles (dieta a base de alimento comercial) (39) aunque con un ligero sabor más intenso que disminuye con el tiempo de almacenamiento (40).

Ensayos de orden sanitario también han sido probados donde a partir de la infección inducida de *Salmonella gallinarum* se determinó el efecto inmunoproláctico harina a base de MSN adicionada en la dieta, de esta manera fue

comprobado un aumento en la supervivencia de los animales expuestos, mayor frecuencia de linfocitos T-CD4 e incluso mayor ganancia de peso (41).

Tabla 2. Sugerencias para implementación en aves de engorde

	% Reemplazo dieta	Composición nutricional	Resultados	Variables	Etapas	Referencia
Aves de engorde	50 AS 100 AS	PC: 21% MS: 89,6% Cenizas: 5,6%	50-100% sin DS	Crecimiento y características de la carcasa	Día 21 a 48	Schiavone et al., 2018(91)
	13,8- 11 de HS 27,4 -37,2 de HS 42 -55,5 de HS	PC: 43,9% MS: 97% Cenizas: 13,20%	42% y 55,5% sin DS Relación C:B >16% y TIR >25%	Ingesta diaria de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, características de la carcasa; implicación económica	2 meses	Onsongo et al., 2018***(22)
	8: larvas frescas	PC:- MS: 24,6% Cenizas: 14,42%	Inclusión >PV	Parámetros de crecimiento y perfil de ácidos grasos en su carne.	50 días	Moula et al., 2018(74)
	7,8 HI+ 5,2 Alf de TS 7,8 HI+ 5,2 Arv de TS 7,8 Alf+5,2 Arv de TS 7,8 Arv+5,2 Alf de TS	PC: 22,3% MS: 88% Cenizas: 6,7%	Hermetia+alfalfa mejores resultados en PV y carcasa	Crecimiento, eficiencia alimenticia y calidad de la carne.	Día 7 a 82	Leiber et al., 2017(92)
	25	PC: 36,9% MS: 95,7%	Inclusión sin DS	Digestibilidad aparente de nutrientes, de aminoácidos en el ileón y la energía metabolizable aparente.	Día 26 a 35	De Marco et al., 2015(93)
	0 5 10 15	PC: 23; 21,5;19,5	Para las 3 etapas productivas inclusión del 10%: mejores resultados	Peso vivo, ganancia diaria de peso, ingesta diaria de comida, conversión alimenticia, parámetros sanguíneos, morfología intestinal.	Preinicio: día 1 a 10 Inicio: día 10 a 24 Engorde: día 24 a 35	Dabbou et al., 2018(94)
	100 de HS	PC: 60,8% Cenizas: 7,5%	El reemplazo del 100% sin DS al suplementar con aa azufrados	Crecimiento y eficiencia alimenticia, digestibilidad aparente, calidad proteica y eficiencia de Metionina, disposición de grasa y proteína corporal.	Preinicio: día 1 a 21 Engorde: día 22 a 35	Brede et al., 2018(95)

Sistema de producción porcícola. Aun cuando los valores de inclusión no son superiores al 25% en las dietas, hay resultados positivos de digestibilidad y conversión alimenticia al ser incluida la harina de la larva de MSN en cerdos destetos y de levante, por lo que conociendo el déficit de algunos aminoácidos en la composición de *Hermetia* (42), su adición puede permitir niveles de inclusión mayores que traigan las ventajas productivas conocidas en otras especies (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Sugerencias para implementación en cerdos

	% reemplazo dieta	Composición nutricional	Resultados	Variables	Etapas	Referencia
Cerdos	21 13	PC: 60,8% MS: 94,5% Cenizas: 7,5%	Inclusión sin DS al hacer suplementación con Lys, Met y Thr. Mejor digestibilidad harina de Hermetia.	Comparación entre Spirulina y Hermetia como fuente proteica evaluando peso vivo, ingesta de comida e ingesta de N. para parámetros de digestibilidad aparente, calidad proteica y eficiencia	Lechones: 25 kg PV Cerdos en levante: 60 kg PV	Neumann et al., 2018(99)
	7 de HP 5 como probiótico a la HP	PC: 37,57% MS: 92,55% Cenizas: 3,62%	Adición 7%: >6,7% del PV y <consumo (8%) Probiótico: Aumento en un 14% del PV y reducción consumo en un 12%	Consumo, ganancia de peso.	Día ~74-día 100	Nekrasov et al., 2015(100)
	4 8 5,4 DG	PC: 40,88%- 60,69% MS: 97,3%-96,58% Cenizas: 4,98%- 8,07%	Inclusión tiene efecto antimicrobiano y no difiere en la ganancia de peso	Efectos in vitro de la grasa en la microbiota intestinal, ganancia de peso.	Día 21 a día 36	Sprangers et al., 2018(101)

Sistema de producción acuícola. Debido a la diversidad de especies que las clases *Agnatha*, *Chondrichthyes* y *Osteichthyes* poseen, así mismo es la diversidad de alimentación. Por lo que la inclusión de una dieta rica en algún nutriente puede ser más o menos favorable según la especie, esto se ve reflejado en la gran aceptación de las especies de la familia *Salmonidae* (trucha y salmón) de la inclusión de harina de MSN reemplazando de un 50% hasta un 100% respectivamente, el contenido de harina de pescado sin alterar su eficiencia productiva.

En contraste está la tilapia, el barramundi y el rodaballo que empiezan a presentar efectos negativos de carácter fisiológico reflejados en el aspecto zootécnico en inclusiones mayores al 50%. Es de anotar sin embargo que el grupo de los peces y crustáceos es el que más y mejores resultados en los estudios registra por lo que su evaluación eventual en especies ícticas resulta interesante y promisorio.

Tabla 4. Sugerencias para implementación en peces

Especie	% reemplazo dieta	Composición nutricional	Resultados	Variables	Duración experimento	Referencia	
Peces	Trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	50 de HP	PC: 47,7% Cenizas: 12,6%	Reemplazo del 50% sin DS respecto a control excepto en coloración más oscura de la carne	Crecimiento, tasa de conversión alimenticia, contenido de ácidos grasos y propiedades organolépticas	7 semanas	Stadlander et al., 2017(102)
		20 40	PC: 45% MS: 95% Cenizas 11%	Inclusión del 40% sin alteraciones para variables evaluadas	Sobrevivencia, crecimiento, índices somáticos, parámetros calidad filete y morfología intestinal	78 días	Renna et al., 2017(103)
		6,6 de HMSN 13,2 de HMSN 26,4 de HMSN	PC: 47,09% MS: 92,06% Cenizas: 12,67%	Inclusión máxima de 13,2% sin alteraciones en variables evaluadas	Crecimiento, eficiencia alimenticia, digestibilidad de nutrientes, histología intestinal y bioquímica sanguínea.	3 meses	Dumas et al., 2018(104)
	Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	2,5 de AMSN 5 de AMSN 10 de AMSN	MS: 99,31% LC: 93,04%	Inclusión >10% sin alteraciones morfo ni fisiológicas	Peso, longitud total, conversión alimenticia, parámetros hematológicos, desarrollo de órganos reproductivos	30 días	Ushakova et al., 2016(105)
		Complejo probiótico con <i>Bacillus subtilis</i> : 0,2% en <i>Oreochromis</i> y en esturión ruso (<i>Acipenser gueldenstaedti</i>)	-	Mayor longitud en tilapia y mayor desarrollo de gónadas: sin malformaciones los oocitos.			
		25 de HS 50 de HS 100 de HS	MS: 91% PC: 42,8% Cenizas: 7,7%	50% mejores resultados de tasa de crecimiento específico y conversión alimenticia. Sin DS en demás variables.	Peso, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia, tasa de eficiencia proteica.	56 días	Dietz & Liebert, 2018(106)
Róballo europeo (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	15% de HP 30% de HP 45% de HP	MS: 93% PC: 49% Cenizas : 9,2%	Reemplazo del 45% sin efectos adversos.	Crecimiento(peso vivo, ganancia de peso, índice diario de crecimiento), utilización de alimento(ingesta y eficiencia), digestibilidad (actividad enzimática)	29 días	Magalhães et al., 2017(107)	

En Europa la trucha es una de las especies acuícolas más producidas (la tercera después del salmón y los mejillones, con cifras de producción por encima de las 400000 toneladas/año) (43) por lo que evaluaciones de la calidad del producto (filete) han sido determinadas obteniendo resultados de variaciones en el contenido de ácidos grasos a partir de sustitución del 25% de harina de pescado, requiriendo un consumo mayor del filete para compensar la ingesta semanal recomendada de EPA y DHA (44), resultado que coincide con Mancini et al., donde además fueron evaluadas las concentraciones

miofibrilares y sarcoplásmicas sin presentar modificaciones en reemplazos del 50% de HP (45).

También fueron realizados estudios de caracterización de microbiota intestinal resultando en una elevada diversidad bacteriana y abundancia de bacterias ácido-lácticas que es un indicador de mejoramiento en la salud intestinal (46) al mejorar la digestión, funciones fisiológicas y el bienestar en general (47).

Ensayos en peces ornamentales (pez cebra, *Danio rerio*) también se han llevado a cabo, donde se ha hecho reemplazo de 25%, 50%(118)y 100% (48) de la harina de pescado por un período de 21 días; en el primer experimento no hubo diferencias significativas en la sobrevivencia ni longitud estándar de las larvas tratadas pero sí en el peso donde las larvas con inclusión del 50% obtuvieron el mayor peso sin embargo histológicamente fue observada esteatosis no compatible con la funcionalidad adecuada del hígado. Respecto al reemplazo del 100%, aun cuando no tienen diferencias significativas con el grupo control, los autores recomiendan más estudios para determinar los mejores niveles de inclusión del insecto en la dieta de este pez (Ver tabla 4).

Otras especies. Ensayos en codornices arrojan resultados positivos tanto productivos como morfo-fisiológicos con un reemplazo del 100% de la harina de pescado de la dieta (49) y del aceite de soya (50), además ventajas económicas también han sido destacadas (51). También se ha hecho inclusión de la grasa producto del procesamiento de la mosca en dietas de conejos en bajos niveles teniendo buenos resultados zootécnicos (52) pero algunas variaciones composicionales (53) por lo que ensayos adicionales son necesarios. Al igual en perdices se ha hecho reemplazo parcial de la harina de soya con resultados aceptables de inclusión de hasta el 50% (54) (Ver tabla 7).

Conclusiones

La mosca soldado negro *Hermetia illucens* ofrece perspectivas interesantes para diferentes propósitos creando un ambiente de economía circular donde no existen desechos puesto que son fuente orgánica para el eslabón siguiente en la cadena trófica, los organismos descomponedores del suelo. Así también en el ámbito agrícola la bio-conversión de residuos orgánicos que realiza la MSN permite una reducción en el volumen orgánico de hasta un 70% con niveles deseables de nutrientes en el sustrato resultante tales como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, por lo que puede ser usado como fertilizante o mejorador de suelos.

Productivamente posee características que aseguran una continua producción gracias al corto ciclo productivo entre 42.18 a 77.67 días (según el sustrato y la temperatura), pone un alto número de huevos (500 a 1000), es polífaga y su larva se alimenta a un ritmo rápido (25-500 mg/larva/día), posee tasa de supervivencia en estadíos larvales entre el 72-86%, siendo de las más altas entre los insectos de cultivo.

Al mismo tiempo composicionalmente por sus valores altos de proteína cruda que oscilan entre 38,5% y 62,7%, grasa (6,63% a 39,2%) y minerales como manganeso, hierro, zinc, cobre, fósforo y calcio, se infiere el creciente interés, en la última década por estudiar los niveles de inclusión de su larva en alimentos balanceados de monogástricos como aves, cerdos, peces, mascotas e incluso el desarrollo de estudios preliminares en rumiantes, llegando a reemplazar entre el 25% y el 100% de la harina y aceite de pescado y de soya dependiendo el origen de la harina de larvas de mosca y las especies a alimentar.

Estos resultados permiten inferir que el potencial nutritivo de *Hermetia illucens* es valioso como herramienta de producción proteica de origen animal; pero se requiere de más estudios que permitan clarificar su inclusión en diferentes especies de monogástricos según su etapa productiva

Referencias

1. FAO, 2018. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome; 224 p.
2. Béné C, Barange M, Subasinghe R, Pinstруп-Andersen P, Merino G, Hemre G-I, et al. Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. Food Secur. abril de 2015;7(2):261-74.
3. FAO, editor. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome: FAO; 2018. 181 p. (The state of food security and nutrition in the world).
4. Sánchez-Muros M-J, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. J Clean Prod. 15 de febrero de 2014;65:16-27.
5. Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Owyn A, Deboosere S, Meulenaer BD, et al. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. J Sci Food Agric. 2017;97(8):2594-600.
6. Lalander C, Diener S, Zurbrügg C, Vinnerås B. Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). J Clean Prod. 20 de enero de 2019;208:211-9.
7. Gahukar RT. Chapter 4 - Edible Insects Farming: Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared With Livestock and Crops. En: Dossey AT, Morales-Ramos JA, Rojas MG, editores. Insects as Sustainable Food Ingredients [Internet]. San Diego: Academic Press; 2016. p. 85-111. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128028568000041>

8. Henry M, Gasco L, Piccolo G, Fountoulaki E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim Feed Sci Technol.* 1 de mayo de 2015;203:1-22.
9. Arnold van Huis. *Edible insects: future prospects for food and feed security.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013. 187 p. (FAO forestry paper).
10. Smetana S, Schmitt E, Mathys A. Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resour Conserv Recycl.* 1 de mayo de 2019;144:285-96.
11. Oonincx DGAB, Itterbeeck J van, Heetkamp MJW, Brand H van den, Loon JJA van, Huis A van. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLOS ONE.* dic de 2010;5(12):e14445.
12. Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim Feed Sci Technol.* 2014;197:1-33.
13. Barroso FG, de Haro C, Sánchez-Muros M-J, Venegas E, Martínez-Sánchez A, Pérez-Bañón C. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture.* 20 de febrero de 2014;422-423:193-201.
14. Liu C, Zhao J. Insects as a Novel Food. En: Melton L, Shahidi F, Varelis P, editores. *Encyclopedia of Food Chemistry* [Internet]. Oxford: Academic Press; 2019. p. 428-36. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965217824>
15. Vantomme P, Mertens E, van Huis A, Klunder H. Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in assuring Food Security-Summary report [Internet]. Rome: FAO; 2012 p. 38. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/an233e/an233e00.pdf>
16. Liu X, Chen X, Wang H, Yang Q, Ur Rehman K, Li W, et al. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLoS ONE* [Internet]. 2017;12(8). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027281644&doi=10.1371%2fjournal.pone.0182601&partnerID=40&md5=60541abd26d99c442535753d49d93c18>
17. YaşAr B, çIrik T. Life Tables of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) on Different Foods. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Derg.* 10 de septiembre de 2018;22(Özel):392.
18. Müller A, Wolf D, Gutzeit HO. The black soldier fly, *Hermetia illucens* – a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive

substances. *Z Für Naturforschung C*. 26 de septiembre de 2017;72(9-10):351-63.

19. Allegretti G, Schmidt V, Talamini E. Insects as feed: Species selection and their potential use in Brazilian poultry production. *Worlds Poult Sci J*. 2017;73(4):928-37.

20. Oonincx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. Papadopoulos NT, editor. *PLOS ONE*. 23 de diciembre de 2015;10(12):e0144601.

21. Mertenat A, Diener S, Zurbrügg C. Black Soldier Fly biowaste treatment – Assessment of global warming potential. *Waste Manag*. febrero de 2019;84:173-81.

22. Lalander CH, Fidjeland J, Diener S, Eriksson S, Vinnerås B. High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agron Sustain Dev*. 1 de enero de 2015;35(1):261-71.

23. Barragan-Fonseca KB, Dicke M, van Loon JJA. Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Entomol Exp Appl*. 2018;166(9):761-70.

24. Eilenberg J, Vlaskovits J, Nielsen-LeRoux C, Cappellozza S, Jensen A b. Diseases in insects produced for food and feed. *J Insects Food Feed*. 1 de enero de 2015;1(2):87-102.

25. Barragan-Fonseca KB, Dicke M, van Loon JJA. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. *J Insects Food Feed*. 2017;3(2):105-20.

26. Dortmans B., Diener S., Verstappen B., Zurbrügg C. Black Soldier Fly Biowaste Processing. A Step-by-Step Guide. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology; 2017. 100 p.

27. Nguyen TTX, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S. Influence of resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larval development. *J Med Entomol*. julio de 2013;50(4):898-906.

28. Xiao X, Mazza L, Yu Y, Cai M, Zheng L, Tomberlin JK, et al. Efficient co-conversion process of chicken manure into protein feed and organic fertilizer by *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) larvae and functional bacteria. *J Environ Manage*. 1 de julio de 2018;217:668-76.

29. Moula N, Scippo M-L, Douny C, Degand G, Dawans E, Cabaraux J-F, et al. Performances of local poultry breed fed black soldier fly larvae reared on horse manure. *Anim Nutr.* 1 de marzo de 2018;4(1):73-8.
30. Diener S, Lalander C, Zurbrügg C, Vinnerås B. Opportunities and constraints for medium-scale organic waste treatment with fly larvae composting. En 2015.
31. Food For the Future F4F [Internet]. F4F. [citado 1 de julio de 2019]. Disponible en: <http://f4f.cl/>
32. Nguyen TTX, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S. Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste. *Environ Entomol.* 1 de abril de 2015;44(2):406-10.
33. Commission Regulation (EU) 2017/893 of 24 May 2017 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein (Text with EEA relevance.) [Internet]. OJ L, 32017R0893 may 25, 2017. Disponible en: <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/893/oj/eng>
34. Bovera F, Loponte R, Pero ME, Cutrignelli MI, Calabrò S, Musco N, et al. Laying performance, blood profiles, nutrient digestibility and inner organs traits of hens fed an insect meal from *Hermetia illucens* larvae. *Res Vet Sci.* 2018;120:86-93.
35. Secci G, Bovera F, Nizza S, Baronti N, Gasco L, Conte G, et al. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Anim Int J Anim Biosci.* octubre de 2018;12(10):2191-7.
36. Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, et al. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *J Anim Sci Biotechnol* [Internet]. 2018;9. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2071466065?accountid=44394>
37. Schiavone A, Dabbou S, De Marco M, Cullere M, Biasato I, Biasibetti E, et al. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. *Anim Int J Anim Biosci.* octubre de 2018;12(10):2032-9.
38. Brede A, Wecke C, Liebert F. Does the Optimal Dietary Methionine to Cysteine Ratio in Diets for Growing Chickens Respond to High Inclusion Rates of Insect Meal from *Hermetia illucens*? *Anim Open Access J MDPI.* 23 de octubre de 2018;8(11).

39. Pieterse E, Erasmus SW, Uushona T, Hoffman LC. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot. *J Sci Food Agric*. 16 de julio de 2018;
40. Altmann BA, Neumann C, Velten S, Liebert F, Mörlein D. Meat Quality Derived from High Inclusion of a Micro-Alga or Insect Meal as an Alternative Protein Source in Poultry Diets: A Pilot Study. *Foods*. 2018;7(3):34.
41. Lee J, Kim Y-M, Park Y-K, Yang Y-C, Jung B-G, Lee B-J. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae enhances immune activities and increases survivability of broiler chicks against experimental infection of *Salmonella Gallinarum*. *J Vet Med Sci*. 2018;80(5):736-40.
42. Neumann C, Velten S, Liebert F. N Balance Studies Emphasize the Superior Protein Quality of Pig Diets at High Inclusion Level of Algae Meal (*Spirulina platensis*) or Insect Meal (*Hermetia illucens*) when Adequate Amino Acid Supplementation Is Ensured. *Anim Open Access J MDPI*. 3 de octubre de 2018;8(10).
43. Clarke R, Bostock J. Regional Review on Status and Trends in Aquaculture Development in Europe - 2015 [Internet]. Food and Agriculture Organisation of the United Nations; 2017 [citado 28 de junio de 2019]. Disponible en: <http://dspace.stir.ac.uk/handle/1893/24988>
44. Secci G, Mancini S, Iaconisi V, Gasco L, Basto A, Parisi G. Can the inclusion of black soldier fly (*Hermetia illucens*) in diet affect the flesh quality/nutritional traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after freezing and cooking? *Int J Food Sci Nutr*. 17 de julio de 2018;1-11.
45. Mancini S, Medina I, Iaconisi V, Gai F, Basto A, Parisi G. Impact of black soldier fly larvae meal on the chemical and nutritional characteristics of rainbow trout filets. *Anim Int J Anim Biosci*. agosto de 2018;12(8):1672-81.
46. Huyben D, Vidaković A, Werner Hallgren S, Langeland M. High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Aquaculture*. 1 de febrero de 2019;500:485-91.
47. Bruni L, Pastorelli R, Viti C, Gasco L, Parisi G. Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. *Aquaculture*. 25 de febrero de 2018;487:56-63.
48. Vargas A, Randazzo B, Riolo P, Truzzi C, Giocchini G, Giorgini E, et al. Rearing Zebrafish on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*): Biometric, Histological, Spectroscopic, Biochemical, and Molecular Implications. *Zebrafish*. 2018;15(4):404-19.

49. Wallace PA, Nyameasem JK, Aboagye GA, Affedzie-Obresi S, Nkegbe K, Murray F, et al. Effects of replacing fishmeal with black soldier fly larval meal in the diets of grower-finishing guinea fowls reared under tropical conditions. *Trop Anim Health Prod.* octubre de 2018;50(7):1499-507.
50. Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Acuti G, Marangon A, Dalle Zotte A. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Anim Int J Anim Biosci.* 2018;12(3):640-7.
51. Wallace PA, Nyameasem JK, Adu-Aboagye GA, Affedzie-Obresi S, Nkegbe EK, Karbo N, et al. Impact of black soldier fly larval meal on growth performance, apparent digestibility, haematological and blood chemistry indices of guinea fowl starter keets under tropical conditions. *Trop Anim Health Prod.* 2017;49(6):1163-9.
52. Martins C, Cullere M, Zotte AD, Cardoso C, Alves SP, De Bessa RJB, et al. Incorporation of two levels of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits: Effects on growth performance and diet digestibility. *Czech J Anim Sci.* 2018;63(9):356-62.
53. Dalle Zotte A, Cullere M, Martins C, Alves SP, Freire JPB, Falcão-e-Cunha L, et al. Incorporation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits and their effects on meat quality traits including detailed fatty acid composition. *Meat Sci.* 1 de diciembre de 2018;146:50-8.
54. Loponte R, Nizza S, Bovera F, De Riu N, Fliegerova K, Lombardi P, et al. Growth performance, blood profiles and carcass traits of Barbary partridge (*Alectoris barbara*) fed two different insect larvae meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*). *Res Vet Sci.* 1 de diciembre de 2017;115:183-8.