

Efecto de la fuente de proteína dietaria sobre el cultivo de larva de mosca soldado negra

José Carlos Ramírez Ramírez*
Alonso Ortiz Luviano
Jimena Asereth López Rivas
Benito Parra Pacheco
Juan Fernando García Trejo**

Laboratorio de bioingeniería, Facultad de Ingeniería, Campus Amazcala, Universidad Autónoma de Querétaro, El Marqués, Querétaro, México.

*Jose-carlos_@hotmail.com

**juanfernando77@gmail.com

RESUMEN

Para cubrir la demanda alimenticia de la población, es necesario incrementar la producción de comida. Los alimentos de origen animal son los más solicitados, pero requieren de ciertos insumos, principalmente la fuente de proteína. Convencionalmente, la harina de pescado y la proteína de soya son las más utilizadas; sin embargo, la producción de estas fuentes está asociada a problemas económicos y ambientales. Por tal motivo, se han planteado alternativas de menor costo e impacto ambiental.

La larva de mosca soldado negra constituye una opción viable debido a su composición nutricional. Este organismo tiene la capacidad de alimentarse de distintos residuos orgánicos, pero se ha reportado que la variación en su dieta influye sobre su desarrollo. En general, los sustratos utilizados para alimentarla presentan como característica una variación en su composición que ha permitido evaluar el efecto de la alimentación sobre el cultivo de la larva en función de la composición proximal de la dieta. Sin embargo, hay poca información sobre el efecto de las fuentes de nutrientes sobre el cultivo de este organismo. Por tal motivo, se planteó evaluar la variación de la fuente de proteína dietaria. Para tal fin, se seleccionaron diferentes fuentes proteínicas para elaborar dietas de composición similar (misma concentración de proteína cruda). Posteriormente, se llevó a cabo el cultivo de la larva y se evaluaron variables productivas como variables de respuesta.

Palabras clave: *Hermetia illucens*, cultivo, dieta, fuente de proteína, composición proximal.

ABSTRACT

To meet the food demand of the population, it is necessary to increase food production. Food of animal origin is the most demanded, but requires certain inputs, mainly a source of protein. Conventionally, fishmeal and soy protein are the most commonly used; however, the production of these sources is associated with economic and environmental problems. For this reason, lower cost and environmental impact alternatives have been proposed.

The black soldier fly larva is a viable option due to its nutritional composition. This organism has the capacity to feed on different organic wastes, but it has been reported that the variation in its diet influences its development. In general, the substrates used for feeding it are characterized by a variation in their composition, which has made it possible to evaluate the effect of feeding on larval growth as a function of the proximal composition of the diet. However, there is little information on the effect of nutrient sources on the culture of this organism. For this reason, it was proposed to evaluate the variation of the dietary protein source. For this purpose, different protein sources were selected to elaborate diets of similar composition (same crude protein concentration). Subsequently, larval culture was carried out and productive variables were evaluated as response variables.

Keywords: *Hermetia Illucens*, culture, diet, protein source, proximal composition.

INTRODUCCIÓN

Garantizar la seguridad alimentaria de la población requiere del constante suministro de alimentos, incluidos los de origen animal. Para la producción de estos es necesario contar con ciertos insumos, entre los que destaca la fuente de proteína. Convencionalmente, las fuentes más utilizadas son harina de pescado y proteína de soya, debido a su calidad nutricional. Sin embargo, los problemas asociados a estas fuentes (desbalance en la oferta-demanda, el alto uso de recursos para su obtención, etc.) plantean la necesidad de obtener fuentes alternativas que aseguren un alto valor nutricional, fácil disponibilidad y menor precio, comparadas con las fuentes convencionales (Chakraborty, 2019).

Dentro de las fuentes alternativas de proteína se encuentran las microalgas, hongos e insectos. Estos últimos constituyen una fuente sostenible, ya que su producción genera menor impacto ambiental en relación con otros sistemas productivos (cultivo de plantas y crianza de animales). Además, los insectos presentan como ventajas una alta tasa de conversión alimenticia y cortos ciclos de vida (Fasolin, 2019).

Uno de los insectos considerados con potencial como fuente de proteína de alto valor nutricional es la larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) (Boccazi, 2017). Pero, para asegurar que la harina fabricada a partir de esta larva sea una fuente de proteína adecuada, su fracción proteínica debe presentar características como alta concentración de proteínas, aporte de aminoácidos esenciales y alta digestibilidad (Bukkens, 1997). Favorablemente, la harina de larva de mosca soldado negra presenta una alta concentración de proteína cruda y aminoácidos esenciales (Nyakeri, 2017).

Sin embargo, los factores implicados en el cultivo de la larva ejercen un efecto directo en la composición nutricional de su harina y en la productividad (Nguyen, 2015). Hasta el momento, se sabe que las variaciones de insumos en la dieta afectan la concentración de aminoácidos, lípidos y cenizas en la larva, al igual que las variables asociadas a la producción del cultivo, principalmente el rendimiento, tasa de supervivencia y tasa de conversión alimenticia (Gold, 2020). Entre los insumos probados como dieta para larva de mosca soldado negra, y cuyo efecto sobre la productividad del cultivo ha sido evaluado, se encuentran: alimento para aves de corral (Nguyen, 2013), residuos agroindustriales (Mohd-Noor *et al.*, 2017), estiércol de animales (Rehman *et al.*, 2017) y restos

alimenticios (Surendra *et al.*, 2016) entre otros. En general, dichos insumos presentan variación en su composición proximal, principalmente en el contenido de proteína cruda, grasa total, carbohidratos totales y fibra. De tal manera, la evaluación de las fuentes de alimento sobre el cultivo se lleva a cabo en función de la composición proximal del alimento utilizado (Gold, 2020).

Por otro lado, existen menos estudios de la variación de la fuente de nutrientes dietarios (proteína, grasas y carbohidratos, etc.) en la dieta de larva de mosca soldado negra; solamente se ha reportado que la fuente de grasa dietaria afecta el cultivo y el perfil lipídico de la larva de forma directa (Ewald *et al.*, 2020). Por tal motivo, en este trabajo se planteó evaluar la variación de la fuente de proteína dietaria y su efecto sobre el cultivo de larva de mosca soldado negra.

METODOLOGÍA

La metodología se divide en dos etapas. La primera consistió en la selección de las materias primas y la elaboración de las dietas de larva de mosca soldado negra. La etapa subsecuente incluyó el cultivo de la larva y el análisis de variables asociadas a la producción del cultivo.

Elaboración de dietas para larva de mosca soldado negra

Se elaboraron tres dietas experimentales para el cultivo de larva de mosca soldado negra. Adicionalmente, se incluyó como tratamiento de referencia la dieta Gainesville (Sheppard *et al.*, 2002). Las materias primas de las dietas experimentales se seleccionaron con base en su componente mayoritario y fueron identificadas como: fuente de proteína, lípidos, carbohidratos disponibles y fibra (Véase Tabla 1). Posteriormente, la composición proximal de las materias se determinó de acuerdo a los métodos y protocolos mostrados en la Tabla 2.

Con los resultados de la caracterización bromatológica, se realizó un balance para determinar el porcentaje de inclusión de cada materia prima, de modo que las tres dietas experimentales contaran con el mismo contenido de proteína cruda, fibra total dietaria y carbohidratos disponibles.

Cultivo de larva de mosca soldado negra

El cultivo se llevó a cabo en la planta piloto de producción de larva de mosca soldado negra de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, en el campus Amazcala.

TABLA 1. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DE DIETAS PARA LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA.

MATERIA PRIMA	FUENTE DE NUTRIENTE
Residuos de pollo	Proteína
Residuos de tilapia	Proteína
Residuos de queso	Proteína
Harina de olote	Fibra
Fécula de maíz	Carbohidratos disponibles
Aceite de maíz	Lípidos
Salvado de trigo	
Maíz molido	Componentes de la dieta Gainesville
Alfalfa seca molida	

TABLA 2. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS.

DETERMINACIÓN	MÉTODO	PROTOCOLO
Humedad	Gravimétrico	925.09 (AOAC, 2005)
Proteína cruda	Kjedahl	954.01 (AOAC, 2005)
Grasa total	Gravimétrico	920.39 (AOAC, 2005)
Cenizas	Gravimétrico	923.03 (AOAC, 2005)
Fibra dietaria	Gravimétrico-Enzimático	985.29 (AOAC, 2005)
Carbohidratos disponibles	Diferencia	Danieli <i>et al.</i> , 2019

Se utilizaron dos mil larvas de siete días de edad por repetición, las cuales fueron alimentadas con una relación de 0.6 g de dieta seca por larva. Dicho cultivo se llevó a una temperatura promedio de 27 °C y humedad relativa de 55 %; se mantuvo por 10 días, y posteriormente las larvas se separaron del residuo (*frass*) y se sacrificaron mediante sumersión en agua hirviendo durante 15 segundos. Finalmente, las variables asociadas a la producción medidas fueron: sobrevivencia, peso ganado, tasa de crecimiento absoluto y eficiencia de conversión alimenticia.

Análisis estadístico

Las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado para la caracterización bromatológica de las materias primas, y el promedio se reportó con desviación estándar. El cultivo de la larva de mosca soldado negra se llevó a cabo por cuadruplicado, y las variables analizadas se reportaron como promedio y desviación estándar. Finalmente, para evaluar el efecto de la fuente de proteína dietaria sobre el cultivo de la larva, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y cuando hubo efecto por parte de los tratamientos se realizó una prueba de medias LSD con un 95 % de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la primera etapa, la caracterización proximal de las materias primas, mostrada en la Tabla 3, permitió el cálculo del porcentaje de inclusión de cada materia para procurar el mismo contenido de proteína cruda, fibra total dietaria y carbohidratos disponibles en las tres dietas experimentales (Tabla 4). En el caso de la dieta Gainesville, su composición proximal concuerda con los datos reportados en la literatura (Sheppard *et al.*, 2002).

TABLA 3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DE DIETAS PARA LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA.

MATERIA	H ₂ O (%)	CENIZAS (%)	PROTEÍNA CRUDA (%)	GRASA TOTAL (%)	FIBRA TOTAL DIETARIA (%)	CARBOHIDRATOS DISPONIBLES (%)
Dieta	9.61 ±	8.37 ±	15.04 ±	1.14 ±	24.64 ±	50.81 ± 0.12
Gainesville*	0.06	0.04	0.48	0.03	0.57	
Pollo crudo	70.68 ±	2.50 ±	52.91 ±	42.71 ±	ND	1.88 ± 0.03
	0.20	0.07	0.25	0.18		
Tilapia	75.94 ±	15.55 ±	70.49 ±	13.39 ±	ND	0.57 ± 0.18
cruda	1.27	0.04	0.22	0.06		
Residuos de	69.97 ±	3.89 ±	36.25 ±	42.27 ±	ND	17.59 ± 0.33
queso	0.08	0.09	0.24	0.22		
Olote	6.37 ±	1.11 ±	2.59 ±	0.66 ±	84.11 ±	11.54 ± 0.16
molido	0.02	0.01	0.14	0.04	0.28	
Fécula de	10.78 ±	0.19 ±	0.49 ±	ND	0.24 ±	99.08 ± 0.09
maíz	0.10	0.01	0.10		0.01	
Aceite de maíz	ND	ND	ND	100 ± 0.00	ND	ND

*Muestra compuesta de 50 % de salvado de trigo, 30 % alfalfa seca molida y 20 % maíz molido. ND: No detectable

Asimismo, los resultados del cultivo de la larva de mosca soldado negra con las distintas dietas elaboradas en la primera etapa permitieron comprobar que sí hay un efecto causado por la fuente de proteína dietaria (Tabla 5). Las dietas experimentales evaluadas dieron valores superiores en el peso ganado, la tasa de conversión alimenticia y la eficiencia de conversión de alimento digerido. Además, la dieta de pollo presentó un valor inferior en la mortalidad de las larvas en relación con la dieta Gainesville.

Considerando estos resultados, las dietas experimentales cumplen con los requerimientos para un buen desarrollo de la larva, que a su vez permite obtener un adecuado rendimiento de su cultivo. Adicionalmente, las materias primas utilizadas para la elaboración de las dietas son residuos o subproductos de otros procesos, lo que permite considerar un esquema de biorrefinería de estos materiales para la obtención de productos de valor agregado.

TABLA 4. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE DIETAS EXPERIMENTALES PARA LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA.

DIETA	PROTEÍNA CRUDA (%)	FIBRA TOTAL DIETARIA (%)	CARBOHIDRATOS DISPONIBLES (%)	GRASA TOTAL (%)	CENIZAS (%)
Pollo	12.00	20.30	53.00	9.15	0.88
Tilapia	12.00	20.30	53.00	11.88	2.81
Lácteo	12.00	20.30	53.00	13.16	1.55

TABLA 5. VARIABLES ASOCIADAS A LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA CON LAS DISTINTAS DIETAS

TRATAMIENTO	PESO GANADO (G)	TCA (G/DÍA)	ECAD (G LARVA/G DIETA)	MORTALIDAD (%)
Dieta pollo	0.216 ± 0.003 ^a	0.022 ± 0.0003 ^a	0.364 ± 0.039 ^a	4.71 ± 1.72 ^c
Dieta tilapia	0.173 ± 0.011 ^b	0.017 ± 0.0011 ^b	0.332 ± 0.025 ^b	10.09 ± 1.70 ^b
Dieta lácticos	0.139 ± 0.008 ^c	0.014 ± 0.0008 ^c	0.322 ± 0.042 ^b	27.54 ± 3.211 ^a
Dieta Gainesville	0.136 ± 0.013 ^c	0.014 ± 0.0013 ^c	0.130 ± 0.007 ^c	8.60 ± 1.24 ^b

TCA: Tasa de crecimiento absoluto; ECAD: Eficiencia de conversión de alimento digerido.

CONCLUSIONES

La variación de las materias primas utilizadas para la formulación y elaboración de dietas de larva de mosca soldado negra, particularmente la fuente de proteína, tiene un efecto sobre la productividad del cultivo de este organismo. También, el uso de residuos ricos en proteína, como los que se generan a partir de alimentos de origen animal, es aprovechable en la formulación de dietas balanceadas para el cultivo de la larva. De acuerdo con esta información, se puede plantear la opción de estandarizar dietas basadas en residuos de este tipo. Sin embargo, es necesario plantear estudios que permitan evaluar si las dietas basadas en residuos son económicamente viables, o si generan variación en la calidad nutricional de la larva.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Se agradece el apoyo económico para manutención otorgado por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología, con número de beca 763980.

REFERENCIAS

- Chakraborty, D. & Mohan, S.V. (2019) Efficient resource valorization by co-digestion of food and vegetable waste using three stage integrated bioprocess, *Biore-sour. Technol.*, (284), pp. 373-380.
- Fasolin, L. H. *et al.*, (2019) Emergent food proteins – Towards sustainability, health and innovation. *Food Research International*, (125), 1-16.
- Boccazi, I. V. *et al.*, (2017) A survey of the mycobiota associated with larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*). reared for feed production, *ploS one*, (12), 1-15.
- Bukkens, S. G. (1997) The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, (32), 287-319.
- Nyakeri, E. M., Ogola, H. J., Ayieko, M. A. & Amimo, F. A. (2017) An open system for farming black soldier fly larvae as a source of proteins for smallscale poultry and fish production. *Journal of Insects as Food and Feed*, (3), 51-56.
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K. & Vanlaerhoven, S. (2015) Ability of black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) larvae to recycle food waste. *Environmental entomology* (44), 406-410.
- Gold, M. *et al.* (2020) Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, (102), 319-329.
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J.K. & Vanlaerhoven, S. (2013) Influence of resources on *Hermetia illucens* (*Diptera: Stratiomyidae*) larval development. *Journal of Medical Entomology*, (50), 898-906.
- Mohd-Noor, S. N. *et al.* (2017) Optimization of self-fermented period of waste coconut endosperm destined to feed black soldier fly larvae in enhancing the lipid and protein yields. *Renewable Energy*, (111), 646-654, 2017.
- Rehman, K. *et al.*, Conversion of mixtures of dairy manure and soybean curd residue by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.), *Journal of cleaner production*, (154), 366-373.
- Surendra, K. C., Olivier, R., Tomberlin, J. K., Jha, R., Khanal, S.K. (2017) Bio-conversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable energy*, (98), 197-202, 2016.
- Ewald, N. *et al.* (2020) Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)—Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management*, (102), 40-47.
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C. & Sumner, S. M., (2002) Rearing methods for the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*). *Journal of medical entomology*, (39), 695-698.
- AOAC (2005) *Official Methods of Analysis*, 18th ed. AOAC International, Washington, DC.
- Danieli, P. P. *et al.*, (2019) The effects of diet formulation on the yield, proximate composition, and fatty acid profile of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae intended for animal feed, *Animals*, (9), 178.

