

# ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE HARINAS DE LARVA DE MOSCA SOLDADO Y MICROALGA COMO SUPLEMENTO EN LA ALIMENTACIÓN DE GALLINAS PONEDORAS

Study of implementation of flours microalgae and black soldier fly larvae as a supplement in poultry feeding

Marta Montserrat Tovar Ramírez, Juan Fernando García Trejo, María Isabel Nieto Ramírez, Benito Parra Pacheco, Mónica Vanessa Oviedo Olvera, Ana Angélica Feregrino Pérez

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
montsemtr@gmail.com, fernando.garcía@uaq.mx, isabelnieto33@gmail.com,  
benitoparrap@hotmail.com, mvanessaoviedo@gmail.com, feregrino.angge@hotmail.com

## PALABRAS CLAVE

*Alimentación avícola*  
*Insumos alternativos*  
*Larva de mosca soldado*  
*Microalgas*

## RESUMEN

La alimentación de las gallinas es determinante de la calidad y producción de huevo. Los nuevos alimentos se han centrado en disminuir costos y suministrar mejor los nutrientes. Las harinas de microalga y mosca soldado por su contenido nutricional pueden cubrir los requerimientos de las gallinas ponedoras. El objetivo fue realizar un estudio bibliográfico sobre el uso de las harinas para suplementar la dieta de gallinas para producir huevo. En la revisión de bases tecno-científicas sobre nuevos insumos para alimentación avícola, se obtuvo el estado actual de las harinas que justifica el desarrollo de un alimento nuevo para gallinas ponedoras.

## KEY WORDS

*Poultry feed*  
*Alternative ingredients*  
*Black soldier larvae*  
*Microalgae*

## ABSTRACT

Poultry feeding is a determinant of the quality and production of eggs. The feed has focused on lows costs and better-supplying nutrients. Flours microalgae and black soldier fly due to their nutritional content can meet the requirements of laying hens. The objective was to carry out a bibliographical study on the use of both flours to supplement the diet of hens to produce eggs. In the review of techno-scientific bases on new ingredients for poultry feeding, the technology level of flours was obtained that justifies the development of new food for laying hens.

# INTRODUCCIÓN

La avicultura es una actividad relacionada con la cría y cuidado de todo tipo de aves para explotación comercial. Existen tres tipos extensiva, semi-intensiva e intensiva; cada una depende del manejo de las aves y de la cantidad de producción (Villanueva et al., 2015).

En México se ha incrementado la actividad pecuaria en las últimas décadas, a tal grado de desplazar a la carne de cerdo y bovino. Este crecimiento es debido al interés de la proteína animal para la dieta de los humanos. Existen diversos alimentos de origen animal que proporcionan proteína de calidad. Sin embargo, el huevo de gallina es un alimento considerado como la mejor fuente de proteína de excelente calidad (Pérez, Figueroa, García, & Godínez, 2014). Esto ha generado que se incremente la demanda de dicho alimento, posicionando a México como el principal país consumidor y el cuarto productor de huevo a nivel mundial (UNA, 2018). El huevo es un alimento obtenido mediante una actividad conocida como avicultura. Dicha actividad está relacionada con el cuidado y cría de aves para explotación comercial (Villanueva et al., 2015). No obstante la producción avícola puede ser afectada por diversas causas entre las que destacan los factores ambientales que generan estrés, la raza y edad de las aves, pero sobre todo los programas de alimentación (El-Hack et al., 2019). Este último es el principal factor determinante de la calidad y producción de huevo; por ejemplo, si las gallinas alcanzan el peso ideal al momento de iniciar la etapa de maduración sexual, se pueden obtener huevos de mayor tamaño (Mateos, Saldaña, Guzman, Lazaro, & Camara, 2015).

Sin embargo, los costos de alimentación representan hasta un 70% de los costos totales de producción (Chachapoya, 2014; Matthews & Sumner, 2015). Por otro lado, se está observando un incremento en estos costos debido a la alta demanda de las materias primas para la elaboración de los alimentos avícolas (Laudadio, Ceci, Lastella, Introna, & Tufarelli, 2014). Por tal motivo es necesario formular dietas de un menor costo, que permitan una mejor conversión y disponibilidad de nutrientes para su aprovechamiento por las gallinas (Ravindran, 2011).

## Alimentación avícola

Las dietas de las gallinas son formuladas para cumplir con las necesidades fisiológicas de cada raza. Sin embargo, no siempre se cumplen los requerimientos nutricionales, por lo tanto un plan de alimentación adecuado será aquel que permita alcanzar un peso correcto para la madurez sexual (Herrero, 1995). Las primeras semanas de vida de las aves son las más críticas para obtener un buen rendimiento productivo (Bell & Weaver, 2002). Si se alcanza un peso ideal de las gallinas, entre 2.3-2.8 kg al momento de la madurez sexual, se obtiene hasta 1 gramo extra en el peso del huevo (Quishpe, 2006).

En la actualidad, las dietas se basan en obtener proteínas, energía, vitaminas y minerales, por lo que son formuladas con base en raciones de maíz, soja y suplementos. Sin embargo, a menudo suele contener antibióticos y arsénico para mejorar el crecimiento, lo cual nos es tan benéfico para la salud (Fanatico, 2013). Tanto el maíz como la soja tienen una alta demanda

por lo que hay un incremento en sus costos y una disminución en su disponibilidad, afectando considerablemente la elaboración de alimentos (Laudadio et al., 2014). Desde los años 70 han ido surgiendo fuentes alternativas para la obtención de proteína surgiendo semillas como girasol y algunas leguminosas. Por otro lado, ha existido un incremento en el uso de aditivos y suplementos, hasta llegar a ser descontrolado. En algunos países, las autoridades sanitarias han implementado normas de regulación para su uso, como es la prohibición de sustancias hormonadas y arsénico (Blair, 2008).

Debido a que el huevo es un producto de interés por la proteína de alta calidad que lo compone, las gallinas tienen una importante necesidad de proteína en su dieta. Por otro lado, los aminoácidos son los principales constituyentes de la proteína, de los tejidos y órganos de las aves. Entonces es necesario proporcionar una dieta basándonos en el requerimiento de aminoácidos para mantener la calidad de la proteína del huevo (NRC, 1994). Se requiere realizar una formulación de alimento a partir de los aminoácidos digestibles requeridos que permita un mejor aprovechamiento metabólico y ayude a que se optimice el uso de nutrientes. Para evitar deficiencias y/o excesos de nutrientes, además de que se hará un mejor uso de los insumos para la elaboración de los alimentos, atacando así el costo de producción (Salvador & Garcia, 2017).

### **Desarrollo de alimentos**

Un alimento balanceado es aquel que cumple con los requerimientos nutricionales y asegura una dieta equilibrada (Llaguno & Masabamda, 2008). Los alimentos balanceados se dividen en dos tipos: suplementarios y complementarios. Los suplementarios que adicionan minerales, vitaminas y/o proteínas en la dieta animal y los complementarios que proporcionan nutrientes específicos en cada etapa de desarrollo (Chachapoya, 2014).

Por otro lado, la elaboración de los alimentos puede requerir de tres tipos, el mezclado en seco o polvo, peletización y extrusado. Cada uno dependerá del tipo de materia prima con el que se trabaje así como de la etapa de desarrollo de las gallinas (Laudadio et al., 2014). Es útil conocer los tipos de elaboración de alimentos ya que el valor nutricional de los éstos puede ser afectado por los pretratamientos a los que se sometan las materias primas o insumos (Campaña, 2010).

Por otro lado, es necesario conocer sobre los insumos existentes en el mercado para el desarrollo de un alimento. Un insumo será todo aquel ingrediente de origen animal o vegetal que proporcione los nutrientes necesario para la alimentación de especies animales (Luchini & Wicki, 2016). Estos insumos deben tener las características necesarias para el desarrollo de alimentos utilizando las técnicas de mezclado ya mencionadas. Dentro de los insumos más utilizados en la actualidad se encuentran el maíz, sorgo, trigo, la harina de soya, harinas de pescado, entre otras (Laudadio et al., 2014). Sin embargo, estos insumos han tenido una alta demanda en los últimos años por la competencia con el desarrollo de alimentos para humanos. Debido a esto existe un incremento en los costos de estos y una baja disponibilidad en el mercado. Llevando a buscar nuevas alternativas que permitan desarrollar un alimento a bajo costo, insumos que puedan utilizarse tanto por sus características químicas como físicas y además conseguir una nutrición favorable para las gallinas (Elwinger et al., 2016).

Una estrategia propuesta para mejorar la elaboración de alimentos, la alimentación de las gallinas y no afectar los rendimientos productivos es el uso de harinas de larva de mosca soldado negra y microalgas.

### Larva de mosca soldado negra

El uso de insectos para la alimentación ha existido en diversas culturas y desde hace muchos años. Esto es debido a que contienen un porcentaje de proteína similar al de la carne. En particular, la mosca *Hermetia illucens* es conocida por su capacidad de reducir el porcentaje de nitrógeno y fósforo en residuos de estiércol. Debido a esto las larvas y pupas de dicha mosca pueden llegar a tener hasta un 40% de proteína y 30% de grasa (Sheppard, 1983).

El estado larvario de las moscas es en el que pueden encontrarse los porcentajes más altos en proteína de alta calidad, convirtiéndolas en una buena fuente de alimento. Por otro lado, se ha observado que al modificar la alimentación de las larvas se modifica su valor nutricional. Esto permite un amplio campo de estudio con la finalidad de mejorar estos porcentajes de nutrientes e incrementar la diversidad de usos de las larvas (Segura, 2014).

Algunas de las investigaciones más resaltantes en cuanto al uso de harina de larva de mosca soldado en la alimentación de las gallinas; en 2018, Ruhnke y colaboradores determinan el impacto de la alimentación con la harina de larva de mosca soldado. Los resultados que obtienen son un buen nivel de aceptación, no encuentran un efecto negativo en la calidad del huevo ni en el rendimiento de producción. Sin embargo, sugieren que la formulación debe ajustarse a la ingesta diaria de las gallinas (Ruhnke et al., 2018).

En el mismo año, Secci y colaboradores evalúan la harina de larva de mosca soldado como sustituto de la harina de soya sobre la composición química de la yema. Ellos obtienen como resultados un incremento en el contenido de tocoferol, luteína, B-caroteno y carotenoides totales, sin encontrar diferencias significativas para el contenido de ácidos grasos (Secci et al., 2018). Otra investigación reciente es Kawasaki y col., quienes en 2019 suplementan una alimentación para gallinas basada en granos de maíz, harina y aceite de soya con harina de larva de mosca soldado.

Evalúan el consumo de alimento y el rendimiento de producción, sin encontrar diferencias significativas en ambos. Sin embargo, obtienen un incremento en el peso del huevo y el grosor del cascarón. Ellos concluyen que la harina de larva de mosca soldado negra tiene potencial como sustituto de la harina de soya. Sin embargo, sugieren que debe realizarse una investigación más a fondo sobre el efecto que pueda tener en la composición nutricional y el sabor del huevo (Kawasaki et al., 2019).

Por otra parte, se realizó una búsqueda de patentes y alimentos comerciales que implementen el uso de larva de mosca soldado como suplemento en la alimentación avícola. Los resultados muestran que es un tema emergente ya que solo se encontraron 80 solicitudes de patentes a nivel mundial en los últimos 5 años, destacando países como China, Corea y Estados Unidos.

## Microalga

Las microalgas han ganado un gran interés en las últimas décadas por ser un modelo biológico fundamental en la investigación, lo cual ha permitido un desarrollo comercial y una amplia lista de aplicaciones (M. Gomez, 2007). Su gran popularidad es debido a las características que las acompañan, por ejemplo, tienen la capacidad de convertir la energía solar en energía química, teniendo una actividad fotosintética más eficiente que cualquier planta terrestre. Existen cerca de 50,000 especies en océanos, ríos, estanques y lagos, sin embargo, solo 30,000 han sido estudiadas (J. Gomez, 2015). En la actualidad la harina de algas es utilizada para alimentación de algunos animales. Esto ya que tienen un alto contenido de proteínas, buen perfil de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el omega 3 y 6; vitaminas y carotenoides como el Beta-caroteno y la astaxantina. Por otro lado, han tenido gran popularidad entre los humanos, utilizándolas como alimento y/o medicamentos. Las más cultivadas para estos usos son Chlorella, Spirulina y Dunaliella (J. Gomez, 2015; Vizcaino, 2017).

La implementación de harina de microalgas en la alimentación avícola está siendo evaluada con mayor interés en los últimos años. Wu y colaboradores en 2018 evalúan el impacto de la microalga *Nannochloropsis* como suplemento para enriquecer la yema de huevo con ácidos grasos poliinsaturados. Los resultados que obtienen no demuestran que exista un efecto negativo sobre el rendimiento y calidad del huevo. Sin embargo, obtienen un incremento en la concentración de ácidos grasos utilizando una suplementación de microalga al 8% (Wu et al., 2018). Por otro lado, en 2019, Manor y colaboradores evalúan la misma microalga. En sus resultados obtienen un incremento en el contenido de ácido eicosapentaenoico, ácido docosahexaenoico y omega 3 en yema, hígado, pecho y muslo (Manor, Derksen, Magnuson, Raza, & Lei, 2019).

Se realizó una búsqueda de patentes y alimentos animales con la implementación de microalgas. Sin embargo, lo más destacado fue la obtención de microalgas utilizando aguas residuales para su cultivo encontrando más de 300 solicitudes de patentes. Principalmente en países como China, Corea del Sur y Estados Unidos.

## Viabilidad Financiera

El análisis de la información recabada permitió conocer el estado de madurez de las tecnologías de producción de microalgas y larva de mosca soldado negro. Ambos temas se encontraron de interés emergente lo cual nos permite proponer su uso en la alimentación para gallinas ponedoras. Este uso es atribuido principalmente al contenido nutricional de ambas harinas y al uso necesario de insumos alternativos para la elaboración de alimentos avícolas. Y, por otro lado, a que no se encontró en el mercado ningún proveedor que ofrezca alimento avícola utilizando ambas harinas.

En el mercado se encuentran empresas dedicadas a la producción de ambos insumos. Algunas sobresalientes que utilizan microalgas para desarrollar productos a base de éstas como suplementos alimenticios y empresas de tecnologías para producción de microalgas a gran escala. Por otro lado, para larva de mosca soldado negra se encontraron pequeñas empresas enfocadas a tecnologías de reproducción de dicha mosca.

Debido a esto surge la propuesta de desarrollar una planta piloto para un alimento avícola con ambas harinas. Ya que se utilizarían las plantas piloto de producción de microalga *Nannochloropsis Limnetica* y la de larva de mosca soldado negra *Hermetia Illucens*. Ambas plantas pertenecientes al laboratorio de bioingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Partiendo de lo anterior se llevó a cabo un análisis financiero para la planta piloto de alimento avícola. Para ello se considerará como costos fijos el material para empaqueo de costales, la materia prima, harina de larva de mosca soldado, microalga y cereales; así como los sueldos de la persona encargada de la producción y empaqueo. Para esto se requerirá un costo anual de \$6,798,000.00 para producir 1,000 costales mensuales de 20 kg de alimento a un precio de \$600.00. Como costos variables se considerarán luz, agua, internet y el mantenimiento de las maquinas requiriendo \$27,600.00 mensuales. Y, por último, como activos fijos la compra de un terreno para la planta piloto y maquinaria como mezcladora, peletizadora, transportadora de costales y una báscula; para lo cual se requerirá un total \$1,019,600.00. Los datos anteriores se muestran en la tabla 1 (Ver Tabla 1).

En este proyecto se cuenta con una inversión inicial, sin embargo, se espera conseguir inversión externa con la finalidad de reducir el costo del inversor, garantizando a los inversionistas una tasa de retorno (TIR) del 23% para el quinto año, datos mostrados en la tabla 2 (Ver Tabla 2).

*Tabla 1. Proyecto de inversión para planta piloto de producción de alimento avícola.*

<b>PRECIO DE VENTA DE \$600.00 POR COSTAL</b>	
	<b>Año 1</b>
<b>Ingresos</b>	<b>\$7,200,000.00</b>
<b>Costos fijos</b>	<b>\$678,900.00</b>
<b>Costos variables</b>	<b>\$27,600.00</b>
<b>EBITDA (Utilidad Bruta)</b>	<b>\$374,400.00</b>
<b>Depreciación</b>	<b>\$16,900.00</b>
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	<b>\$357,500.00</b>
<b>Impuesto 30%</b>	
<b>PTU 10%</b>	<b>\$35,750.00</b>
<b>Utilidad después de impuestos</b>	<b>\$321,750.00</b>
<b>Flujo neto de efectivo</b>	<b>\$338,650.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Tasa de retorno de inversion para una proyección a 9 años del proyecto.

AÑO	FNE	RETORNO DE INVERSIÓN
0	-\$ 7,845,200.00	-\$ 7,845,200.00
1	\$ 338,650.00	-\$ 7,569,704.61
2	\$ 625,462.36	-\$ 6,880,278.45
3	\$ 1,134,173.96	-\$ 5,580,234.50
4	\$ 1,802,382.20	-\$ 3,490,785.43
5	\$ 2,674,285.25	-\$ 448,487.46
6	\$ 3,726,662.45	\$ 3,673,999.20
7	\$ 4,991,845.75	\$ 8,973,560.48
8	\$ 6,505,430.55	\$ 15,521,028.52
9	\$ 8,316,022.27	\$ 23,366,228.52
<b>TIR 23%</b>		

Fuente: Elaboración propia.

## REFERENCIAS

- Bell, D. D., & Weaver, W. D. (2002). *Commercial chicken meat and egg production*. California, EEUU: Springer
- Blair, R. (2008). *Nutrition and feeding of organic poultry*. USA: CABI international.
- Campaña, A. (2010). *Estudio de la factibilidad de la utilización de enzimas digestivas en la formulación de dietas para ponedoras comerciales*. (Tesis de licenciatura), Universidad de las Americas, Quito.
- Chachapoya, D. (2014). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos*. (Tesis de Licenciatura), Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- El-Hack, M. E. A., Alagawany, M., Mahrose, K. M., Arif, M., Saeed, M., Arain, M. A., . . . Fowler, J. (2019). *Productive performance, egg quality, hematological parameters and serum chemistry of laying hens fed diets supplemented with certain fat-soluble vitamins, individually or combined, during summer season*. *Anim Nutr*, 5, 49-55.
- Elwinger, K., Fisher, C., Jeroch, H., Sauveur, B., Tiller, H., & Whitehead, C. (2016). *A brief history of poultry nutrition over the last hundred years*. *Poultry Science*, 72, 701-720.

- Fanatico, A. (2013). *Alimentación de pollos para obtener mejor salud y mayor rendimiento*. National Center for Appropriate Technology (NCAT).
- Gomez, J. (2015). *Estudio de elementos esenciales y toxicos en microalgas uso de Chlorella sorokiniana en la preparacion de alimentos funcionales*. (Doctorado), Universidad de Huelva, Huelva España.
- Gomez, M. (2007). *Microalgas: aspectos ecologicos y biotecnologicos*. Revista Cubana de Quimica, 3-20.
- Herrero, C. (1995). *Consideraciones nutricionales en la formulación y alimentación de gallinas para postura aplicadas a la explotación de huevos en centro américa*. Centro de investigaciones en nutricion animal, 51-65.
- Kawasaki, K., Hashimoto, Y., Hori, A., Kawasaki, T., Hirayasu, H., Iwase, S.-i., . . . Fujitani, Y. (2019). *Evaluation of Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Larvae and Pre-Pupae Raised on Household Organic Waste, as Potential Ingredients for Poultry Feed*. Animals, 9, 98.
- Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N. M. B., Introna, M., & Tufarelli, V. (2014). *Low-fiber alfalfa (Medicago sativa L.) meal in the laying hen diet: Effects on productive traits and egg quality*. Poultry Science, 93, 1868-1874.
- Llaguno, D., & Masabamda, V. (2008). *Influencia de tres dietas alimenticias balanceadas en el engorde y calidad de carne de tilapia*. Escuela Politecnica Nacional, Ecuador.
- Luchini, L., & Wicki, G. (2016). *Consideraciones sobre insumos utilizados en los alimentos para organismos acuaticos bajo cultivo*. Ministerio de agricultura, ganaderia y pesca.
- Manor, M., Derksen, T., Magnuson, A., Raza, F., & Lei, X. (2019). *Inclusion of Dietary Defatted Microalgae Dose-Dependently Enriches  $\omega$ -3 Fatty Acids in Egg Yolk and Tissues of Laying Hens*. J Nutr.
- Mateos, G., Saldaña, B., Guzman, P., Lazaro, R., & Camara, L. (2015). *Influencia de la nutrición sobre la productividad en ponedoras*. Retrieved febrero 2019, from Departamento de produccion agraria
- Matthews, W., & Sumner, D. (2015). *Effects of housing system on the costs of commercial egg production*. Poultry Science, 94, 552-557.
- NRC. (1994). *Nutrient Requeriments of Poultry* (9 ed.).
- Pérez, F., Figueroa, E., García, A., & Godínez, L. (2014). *La avicultura en México: retos y perspectivas*. In *Aportaciones en ciencias sociales: economía y humanidades* (pp. 293-300). México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Quishpe, J. (2006). *Factores que afectan el consumo de alimento*. (Licenciatura), Honduras.
- Ravindran, V. (2011). *Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo*. Revisión del desarrollo avícola.
- Ruhnke, I., Normant, C., Campbell, D. L. M., Iqbal, Z., Lee, C., Hinch, G. N., & Roberts, J. (2018). *Impact of on-range choice feeding with black soldier fly larvae (Hermetia illucens) on flock performance, egg quality, and range use of free-range laying hens*. Anim Nutr, 4, 452-460.
- Salvador, F., & Garcia, A. (2017). *Formuación de raciones con aminoacidos digestibles en especies no rumiantes*. from Engormix

- Secci, G., Bovera, F., Nizza, S., Baronti, N., Gasco, L., Conte, G., . . . Parisi, G. (2018). *Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean*. *Animal* 10, 2191-2197.
- Segura, M. (2014). *Composición bromatológica Hermetia illucens*. (Tesis de licenciatura), Universidad de Almería,
- Sheppard, C. (1983). *House Fly and Lesser Fly Control Utilizing the Black Soldier Fly in Manure Management Systems for Caged Laying Hens*. *Environmental Entomology*, 12, 1439-1442.
- UNA (Producer). (2018, 25 de septiembre de 2018). *Situación de la avicultura mexicana*. Retrieved from <http://www.una.org.mx/index.php/panorama/situacion-de-la-avicultura-mexicana>
- Villanueva, C., Oliva, A., Torres, A., Rosales, M., Moscoso, C., & Gonzalez, E. (2015). *Manual de producción y manejo de aves de patio*. Turrialba CR: CATIE.
- Vizcaino, A. (2017). *Evaluación de la harina de algas como ingrediente en piensos de peces marinos*. *AquaTIC*, 48, 5-7.
- Wu, Y., Li, L., Wen, Z., Yan, H., Yang, P., Tang, J., . . . Hou, S. (2018). *Dual functions of eicosapentaenoic acid-rich microalgae: enrichment of yolk with n-3 polyunsaturated fatty acids and partial replacement for soybean meal in diet of laying hens*. *Poultry Science*, 0, 1-8.