



Reseña

## Estado del arte sobre la utilización de la pupa del gusano de seda en la alimentación animal

### State of the Art in the Utilization of Silk Worm Pupae in Animal Nutrition

Gabriel Gorrín Armas <sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5213-6178>

1 Entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación “Sierra Maestra”, Complejo Barlovento, Ave 5ta y 246, Playa. La Habana, Cuba.

\* Autor para la correspondencia: [gabrielgorrinarmas77@gmail.com](mailto:gabrielgorrinarmas77@gmail.com)

## RESUMEN

**Antecedentes:** La cría de insectos a gran escala constituye una práctica sostenible, que implica un bajo impacto ambiental y un número significativo de residuos resultantes del proceso. La pupa del gusano de seda constituye uno de los subproductos de desechos que más se generan en la sericultura. En varios países constituye una fuente alternativa para la alimentación animal por su bajo costo y disponibilidad. Desde el punto de vista nutricional posee múltiples beneficios que resultan en una mejor salud y producción animal.

**Objetivo.** Realizar una revisión del estado del arte de la utilización de la pupa del gusano de seda en la alimentación animal, valor nutricional, usos en la alimentación animal, avicultura, acuicultura y otras especies domésticas.

**Desarrollo:** Los resultados científicos han demostrado que la pupa puede utilizarse satisfactoriamente como ingrediente alimentario en la dieta de la gran mayoría de las especies domésticas debido a su alto contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos polinsaturados. En gran medida puede satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales. En el mercado se pueden encontrar tentadoras ofertas incluso para mascotas (aves, reptiles, anfibios, peces) a base de pupas de gusano de seda liofilizadas, desgrasadas, congeladas bajo el sello de reconocidas marcas internacionales.

### Como citar (APA)

Gorrín Armas, G. (2021). Estado del arte sobre la utilización de la pupa del gusano de seda en la alimentación animal. *Revista de Producción Animal*, 33(3). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4002>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

**Conclusiones:** La pupa del gusano de seda constituye un subproducto rentable y altamente nutritivo que es incluido en la dieta de las especies domésticas con resultados favorables en los indicadores de salud y producción.

**Palabras claves:** gusano de seda, insectos, pupa, subproductos (*Fuente: MeSH*)

## ABSTRACT

**Background:** Large-scale insect breeding is a sustainable practice that causes little environmental impact and significant quantities of residues. The silk worm pupa is one of the most commonly generated sub-products in sericulture. Several countries use it as an alternative source for animal nutrition due to its availability and low cost. It offers multiple nutritional benefits that result in better animal health and production.

**Aim.** To conduct a review of the state of the art in the utilization of silk worm pupae in animal nutrition, their nutritional value, uses in animal feeding, aviculture, aquaculture, and other domesticated species.

**Development:** The scientific results have demonstrated that the pupae can be used satisfactorily as an ingredient in the diet of most domesticated species due to their high contents of protein, essential amino acids, and polyunsaturated fatty acids. It can meet the nutritional demands of animals to a large extent. The market offers attractive choices for animals, including pets (birds, reptiles, amphibians, fishes), based on lyophilized silk worm pupae, which are defatted, frozen, and sold by well-known international brands.

**Conclusions:** The silk worm pupae constitute a cost-effective highly nutritional sub-product for the diet of domesticated species with favorable results in animal health and production indicators.

**Keywords:** silk worm, insects, pupae, sub-products (*Source: MeSH*)

Recibido: 12/9/2021

Aceptado: 1/11/2021

## INTRODUCCIÓN

La cría doméstica de insectos a gran escala ha estado ocurriendo durante más de 7000 años para la sericultura (seda), apicultura (miel), control biológico de plagas y la producción de medicamentos y goma laca (Dobermann *et al.*, 2017) Los insectos pueden ser criados usando subproductos orgánicos, lo que reduce su contaminación y los convierte en alimentos ricos en proteínas. La cría de insectos no tiene un impacto negativo en el medio ambiente más que la ganadería convencional, muestra una relativamente baja emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Kowalska *et al.*, 2020).

La sericultura es un agronegocio rural bien establecido en la India y produce alrededor de 40 000 toneladas métricas (Tm)/año de pupas de gusanos de seda en peso seco (Bag *et al.*, 2013). Por 1 kg de seda cruda, se producen 8 kg de pupas húmedas que equivalen a 2 kg de pupas secas

(Makkar *et al.*, 2014). Las pupas obtenidas después de devanar los capullos de gusanos de seda, son generalmente desechadas, aunque son muy ricas en aminoácidos, aceites, carbohidratos y minerales. Su valor nutricional es comparable con el de la harina de pescado y viene con un precio mucho más bajo. Son altamente degradables y a menudo se desechan en el medio ambiente o se utilizan como fertilizante (Raja *et al.*, 2019).

La gran cantidad de desechos que se acumulan en el proceso de devanado de la seda podría ser utilizado con un alto potencial como materia prima para diversas industrias (Bandlamori *et al.*, 2012). Debido a su alto contenido de proteínas, la harina de pupas de gusanos de seda resulta adecuada como alimento para el ganado, en especies monogástricas (aves de corral, cerdos y peces) y rumiantes (Makkar *et al.*, 2014).

Objetivo: Realizar una revisión del estado del arte de la utilización de la pupa del gusano de seda en la alimentación animal, valor nutricional, usos en la alimentación animal, avicultura, acuicultura y otras especies domésticas.

## DESARROLLO

### *Valor nutricional*

**Tabla 1.** Valores químicos de los principales nutrientes de la harina de pupa del gusano de seda (Raja *et al.*, 2019).

Nutrientes (% de MS)	Harina de pupa de gusano de seda	Harina de pupa de gusano de seda desgrasada
Proteína cruda	60.7 (81.7)	75.6
Grasas	25.7	4.7
Calcio	0.38	0.40
Fósforo	0.60	0.87
Relación Ca:P	0.63	0.46

La composición proximal de la pupa del gusano de seda en base fresca presenta un rango de humedad de 65 - 70 %, PC de 12 - 16 %, extracto etéreo (EE) de 11-20 %, carbohidratos de 1.2 – 1.8 % y cenizas de 0.8 – 1.4 %. (Hassan, 2018).

La proteína es un componente importante de los insectos comestibles, que comprende entre el 30% y el 65% de la materia seca (MS) total. Entre el 46% y el 96% de todos los aminoácidos están presentes en las proteínas de los insectos, aunque existen cantidades limitadas de triptófano y lisina (Dobermann *et al.*, 2017).

Las proteínas de origen animal por lo general superan a las proteínas de origen vegetal porque son ricas en aminoácidos esenciales y poseen mayor digestibilidad (Sasma *et al.*, 2018). La harina de pupa de gusano de seda, posee un rango de proteína cruda (PC) que varía de 52 -72 %, mientras que para la harina desgrasada puede ser mayor a un 80 % (Makkar *et al.*, 2014).

Tomotake *et al.* (2010) reportaron un 55.6 % de proteína total en base seca en pupas de gusano de seda. Por otra parte, al determinar la composición proximal de la pupa gastada de gusano de seda en diferentes especies, encontraron valores promedios de proteína mayores en *Samia Cynthia ricini* y *Antheraea proylei* con 41 % y 40 % respecto a *Bombyx moricon* 31 %.

**Tabla 2.** Comparación entre el contenido proteico, graso y energético de algunas de las especies de insectos más consumidas (Dobermann *et al.*, 2017).

Insecto	Proteína (% de MS)	Grasa (% de MS)	Energía (kcal/100 g)
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	32.86	36.86	478.87
<i>Tenebrio militor</i>	48.35	38.51	557.12
Diptera (moscas)	49.48	22.75	409.78
Hemiptera (insectos verdaderos)	48.33	30.26	478.99
<i>Oecophylla smaragdina</i> (hormiga tejedora)	46.47	25.09	484.45
Isoptera (termitas)	35.34	32.74	
<i>Bombyxmori</i> (larva del gusano de seda)	61.8	8.81	389.6
<i>Cirinaforda</i> (oruga de karité)	47.48	11.5	359
<i>Galleriamellonella</i> (gusano de cera)	38.01	56.65	650.13
<i>Samia cynthiaricini</i>	54.7	25.6	463.63
<i>Achetadomesticus</i> (grillo de casa adulto)	65.04	22.96	455.19
<i>Schistocercasp.</i>	61.05	17	427
<i>Sphenarium purpuracens</i> (chapulin adulto)	61.33	11.7	404.22
<i>Ruspoliadifferens</i>	44.3	46.2	

Se descubrió que la proteína verdadera en los gusanos de seda solo correspondía al 73 % del contenido de PC, lo que se explica por la presencia de quitina, ya que este componente incluye nitrógeno (N). Por otro lado, el contenido de quitina de la harina de pupas es relativamente bajo, aproximadamente 3 - 4 % de MS (Makkar *et al.*, 2014). El bajo contenido de quitina resulta favorable, ya que este carbohidrato estructural puede ser considerado con propiedades anti-nutricionales debido a los posibles efectos negativos sobre la digestibilidad de las proteínas. Un estudio realizado en abejas melíferas demostró que al eliminar la quitina mejoró la calidad proteica del insecto medida a través de la digestibilidad de la proteína, contenido de aminoácidos, índice de eficiencia proteica y la utilización neta de la proteína (Dobermann *et al.*, 2017). La fibra cruda de la harina de pupa del gusano de seda es fundamentalmente quitina que los animales apenas la utilizan (Pai, 2017).

Las pupas de gusanos de seda contienen 18 aminoácidos conocidos, incluidos todos los aminoácidos esenciales y aminoácidos azufrados. La lisina (6-7% en 100 g de PC) y los niveles de metionina más cistina de aproximadamente 4% son particularmente altos (Makkar *et al.*, 2014). Muchos de estos aminoácidos esenciales se encuentran en cantidades considerables (Pai, 2017).

**Tabla 3.** Composición aminoacídica de la harina de pupa (sin desgrasar) (Raja *et al.*, 2019)

Aminoácidos	g/16 g de Nitrógeno
Alanina	5.6
Arginina	5.8
Acido aspártico	10.4
Cistina	1.0
Metionina	3.5

Lisina	7.0
Isoleucina	5.1
Leucina	7.5
Fenilalanina	5.1
Treonina	5.2
Triptófano	0.9
Ácido glutámico	13.9
Histidina	2.6
Prolina	5.2
Serina	5.0
Glicina	4.8
Tirosina	5.9
Valina	5.5

Después de la proteína, la grasa es el siguiente componente principal de los insectos. El perfil de ácidos grasos insaturados es similar al de las aves de corral y el pescado blanco, pero contiene más ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) que cualquiera de las aves de corral o carne roja. Los insectos contienen poco o ningún rastro de EPA (ácido icosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico), pero contienen ácido linoleico (C<sub>18:2</sub>) y ocasionalmente ácido linolénico (C<sub>18:3</sub>), que los humanos pueden sintetizar para producir ácido araquidónico (C<sub>20:4</sub>) y EPA (Dobermann *et al.*, 2017).

La harina de pupas no desgrasada es rica en grasas, hasta un 37 %. El aceite contiene un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido linolénico, con valores que varían del 11 - 45 % de los ácidos grasos totales (Makkar *et al.*, 2014). Según Pai (2017) la pupa del gusano de seda contiene ácidos grasos saturados (20.7 %), ácidos grasos insaturados tales como ácido palmítico (20.7 %), ácido oleico (70.1 %), ácido linoleico (14.0 %) y ácido linolénico (9.1 %). Tomotake *et al.* (2010) obtuvieron valores similares en la determinación de la composición de los ácidos grasos del aceite de pupa del gusano de seda. En este caso el contenido total de lípidos fue de 32.2 %, los ácidos grasos saturados 28.8 %, los ácidos grasos monoinsaturados 27.7 % y el 43.6 % de PUFAs. De todos ellos predominó C<sub>18:3</sub>.

El contenido energético de la pupa del gusano de seda se encuentra en el rango de 706-988 kJ/KgMS. El polvo seco contenía 71.9 % de PC, 20.1 % de EE y 4.0 % de cenizas en base de materia seca. En otro estudio los porcentajes de los contenidos de PC y EE fueron de 55.6 % y 32.2 % respectivamente (Hassan, 2018). De igual forma, la harina de pupa ha resultado en mayor energía bruta en comparación con la harina de soya (Ullah *et al.*, 2017).

La confirmación sobre el contenido vitamínico – mineral de la pupa del gusano de seda es limitada (Ullah *et al.*, 2017). Makkar *et al.* (2014) plantean que respecto a otros insectos posee bajos niveles de Ca y baja relación Ca: P.

**Tabla 4.** Contenido de minerales y vitaminas de diferentes especies de insectos. Valores expresados en mg/kg (Akhtar y Isman, 2018).

Especie	Calcio	Hierro	Zinc	Potasio	Magnesio	Niacina	B12 µg	Tiamina	Riboflavina
---------	--------	--------	------	---------	----------	---------	--------	---------	-------------

## Estado del arte sobre la utilización de la pupa del gusano de seda en la alimentación animal

<i>Acheta domesticus</i>	40.7	1.9	6.7	347	33.7	3.8	5.4	0.4	34.1
<i>Tenebrio miltor</i>	23.1	2.2	4.6	340	60.6	5.6	0.5	2.1	8.1
<i>Galleria mellonella</i>	24.3	5	2.5	221	32.6	3.7	0.1	2.3	7.3
<i>Hermetia illucens</i>	934.2	6.6	13	453	40	7.1	5.5	7.7	16.2
<i>Bombyx mori</i>	17.7	1.6	3.1	326	49.8	2.6	0.1	3.3	9.4
<i>Blaptica dubia</i>	38	1.4	3.2	224	50	4.4	23.7	-	-
<i>Musca domestica</i>	76	12.5	8.5	303	80.6	9	0.6	11.3	77.2
<i>Gonimbrasia belina</i>	174	31	14	1032	160	-	-	-	-

Sin embargo, Lokeshwari *et al.* (2019) señalan que las pupas contienen una apreciable cantidad de minerales como calcio, hierro, zinc y magnesio. Por tanto, pueden proporcionar los minerales necesarios para las funciones del cuerpo humano/animal. Los autores encontraron el mayor contenido de hierro y magnesio en las pupas del gusano de la mariposa *Samia Cynthia ricini*.

**Tabla 5.** Contenido de minerales y vitaminas de la harina de pupa del gusano de seda.

Minerales	(Pai, 2017)	(Priyadharshini <i>et al.</i> , 2017)
Calcio (%)	0.63	0.65
Fósforo (%)	1.25	1.22
Sodio (%)	0.03	0.30
Potasio (%)	1.07	0.80
Magnesio (mg/Kg)	-	0.325
Hierro (mg/Kg)	-	230.00
Zinc (mg/Kg)	-	285.00
<b>Vitaminas (mg/100 g)</b>		
E	1000	-
B1	15	-
B2	80.0	-
B12	0.5	-

### *Utilización de la pupa del gusano de seda en la alimentación animal*

En Japón, las tortas de pupa del gusano de seda están siendo preparadas y usadas como alimento para el ganado, cerdos y aves. En conejos alimentados con pupas del gusano de seda se obtuvo como resultado un aumento en la deposición de grasa y de la tasa de crecimiento de pelo significativamente (Priyadharshini *et al.*, 2017).

En conejos Nueva Zelanda blanco de 35 días de edad la suplementación con un 4 % harina de pupa de gusano de seda en la dieta, se obtuvo mayor peso de la canal, sin afectaciones en el contenido de aminoácidos esenciales de la carne. De igual forma los PUFAs aumentaron significativamente, no siendo así en el caso del índice aterogénico a nivel muscular que presentó una significativa disminución. Esto último sugiere que la incorporación de esta harina en la dieta

ha mejorado la composición de los ácidos grasos en el tejido muscular, lo cual reduce el riesgo de cáncer y aterosclerosis en consumidores de este tipo de carne (Kowalska *et al.*, 2020).

La degradación de las pupas produce un olor desagradable que se le ha atribuido a la presencia en hojas de morera de compuestos que podrían ser secuestrados por los gusanos, incluyendo aceites esenciales, flavonoides y terpenoides. Este mal olor se ha relacionado con su palatabilidad para los animales. Ensilar aumenta la vida útil de la harina de pupa. Las pupas desgrasadas se deben moler para asegurar una mezcla más uniforme en las raciones (Makkar *et al.*, 2014).

### ***Marcas y productos***

Las cualidades bromatológicas y bondades de la pupa del gusano de seda para alimento animal, han permitido que en el mercado mundial exista una amplia gama de marcas y productos comerciales dirigidos fundamentalmente a los animales de ornato, sobretodo, los peces. Supa (Supa Koi Silkworm Pupae) comercializa baldes de 5 L con pupas altamente nutritivas, de fácil digestión para el tratamiento y suplemento alimentario de peces Koi, lo que mejora su crecimiento y pigmentación de la piel. Petifool (Alemania) ofrece para peces Koi, Petifool Koi Silkworm Pupae, un suplemento 100 % natural libre de colorantes y conservantes, caracterizado por su elevado porcentaje de proteínas (53.0 % PC) y bajo nivel de fibra (3.0 % FC).

Natures Gruby Chubby Mealworms (Reino Unido), constituyen otras de las marcas que producen alimentos para peces Koi con pupas de gusano de seda con características nutricionales muy similares (53.0 % PC y 4.0 % FC) a las que se producen bajo el sello de Petifool, este alimento además proporciona una mejor protección de la capa de limo para resistir enfermedades bacterianas y parasitarias, lo que permite que crezcan peces grandes y saludables. En esta región la compañía Costwold Koi, comercializa Kusuri Silkworm Pupae destinado también al mejoramiento de los Koi, relacionado con su alimentación y la pigmentación de color.

Hikari (Japón) del fabricante Kyorin Co. Ltd (Kamihata Fish Industry Group) lleva gran cantidad de años produciendo dietas equilibradas específicas para peces y reptiles. Se consideran líderes en la nutrición acuícola premium. Dentro de sus productos para peces Koi, se comercializa Silkworms Selects como estimulante de crecimiento, libre de impactos negativos en el pez. Los niveles de tecnología y formulación avanzada les permite utilizar las pupas de gusano de seda enteras evitando problemas comunes de oxidación.

En Chewy (Estados Unidos) tienda on-line dedicada a la venta de alimentos y otros productos para mascotas, se pueden encontrar pupas de gusano de seda como ingrediente principal en varias formas de comercialización, provenientes de Exotic Nutrition Pet Supply Company (Estados Unidos). Uno de ellos es Exotic Nutrition Silkworm Pupae Hedge Hog Treats, destinado a la dieta de erizos. Se caracterizan por ser alimentos bien digeribles, suaves una vez que son cocidos, ideales incluso para zarigüeyas, ardillas, aves, anfibios y reptiles. Estos criterios ratifican las

potencialidades de la pupa de gusano de seda en la alimentación y nutrición de las especies animales.

### ***Avicultura***

La mayoría de los estudios de investigación realizados en animales de granja con harinas y aceites de insectos han sido conducidos en aves (Kowalska *et al.*, 2020). En nutrición avícola el aporte de aminoácidos esenciales para crecer en un corto periodo de tiempo es un factor clave (Hassan, 2018).

La metionina es un aminoácido esencial para animales particularmente aves de corral. Su adición en la dieta se ha correlacionado con la tendencia a tener menos grasa corporal total, mejorar el crecimiento, el rendimiento y reducir los compuestos relacionados con el olor en las excretas. Por lo tanto, el rico componente de metionina de la pupa lo hace un candidato ideal para la alimentación de aves de corral que podría mejora la calidad del huevo (Bandlamori *et al.*, 2012).

En pollitos de ceba Rhode Island Red de 8 semanas de edad se obtuvo un incremento de peso máximo y mejor tasa de conversión alimentaria con dietas formuladas a partir de un 50 % de harina de pescado más 50 % de harina de pupa. No se presentaron muertes asociadas a la inclusión de la harina de pupa de gusano de seda, ni efectos toxicológicos en los pollitos (Dutta *et al.*, 2012).

Pollos de ceba alimentados con niveles de inclusión de 25 % y 50 % de harina de pupa procesada mostraron un aumento en la ganancia de peso corporal y mejor tasa de conversión alimentaria en comparación con la harina de pupa sin procesar (cruda). Se ha reemplazado el 25, 50, 75 y 100 % de la harina de pescado con harina de pupa en la dieta de finalizar ceba (Hassan, 2018).

En gallinas ponedoras, se observó una mejor conversión alimenticia con harina de insectos en su dieta; sin embargo, hubo más variación en el tamaño de los huevos. Similares resultados se vieron en perdices de Berbería en dietas con harina de insectos respecto a una dieta estándar de soja (Dobermann *et al.*, 2017). En ponedoras White Leghorn con un 50 % de sustitución con harina de pupa de gusano de seda en la dieta se obtuvieron mejores resultados en términos de producción de huevos en comparación con otros niveles de sustitución y el grupo control. La conversión alimentaria no se vio afectada por la adición de la harina de pupa en la dieta. No se registró mortalidad. De igual forma, en los parámetros hematológicos no se presentaron efectos adversos (Ullah *et al.*, 2017). Por otra parte, las gallinas mejoraron su capacidad de puesta con impacto en el color de la yema cuando esta es usada como suplemento proteico (Priyadharshini *et al.*, 2017).

El costo del alimento fue más bajo en dietas que incluyeron un 100 % de harina de pupa y se obtuvieron mayores ganancias a medida que aumentó el nivel de inclusión de este alimento en la dieta. Reemplazando gradualmente la costosa harina de pescado por harina de pupa más barata,

es posible reducir el costo total de la producción de pollos (Dutta *et al.*, 2012). Los resultados son alentadores ya que, en la economía de la producción avícola, el alimento cubre el 60 – 80 % del costo total de producción y los costos de proteína aproximadamente el 15 % de los costos de alimentación (Ullah *et al.*, 2017).

No se han reportado efectos negativos sobre el crecimiento de aves de corral alimentadas con harina de insectos. Sin embargo, la mayoría de los documentos han descrito tasas de crecimiento similares o incluso mejores en pollitos en comparación a la harina de soya o la harina de soya +pescado (Hassan, 2018).

### ***Acuicultura***

En acuicultura, los alimentos son los insumos más caros y representan el 57 %-87% del gasto recurrente total (Sasmal *et al.*, 2018). La harina de pescado es considerada una de las fuentes de proteína más importantes para la alimentación de los peces, mejora el crecimiento a través de una mejor palatabilidad del alimento, consumo de nutrientes, digestión y absorción (Samaddar, 2018). Ahora bien, el uso de insectos en la alimentación de los peces no es nuevo y es una práctica generalizada por las pequeñas explotaciones agrícolas de África y Asia. Predominantemente la mosca soldado negra, las larvas de mosca doméstica, los gusanos de seda y gusanos de la harina han sido utilizados como alimento en la acuicultura (Dobermann *et al.*, 2017).

La harina de pupas de gusano de seda desgrasadas debido a su bajo costo y alto contenido de proteínas es uno de los mejores sustitutos de la harina de pescado en las dietas de varias especies de carpas. *En Turquía, reportaron que fue un ingrediente importante en la alimentación y el rendimiento de la carpa común y sus cruces al resultar en buen crecimiento y tasa de conversión alimentaria. Sin embargo, se observó que el sabor del pescado alimentado con harina de pupas crudas fue desagradable en comparación con el sabor del pescado alimentado con harina de pupas secas* (Raja *et al.*, 2019).

La digestibilidad de la carpa común (*Cyprinus carpio*) no se afecta cuando es alimentada con pupas de gusano de seda. Los alevines muestran una diferencia de crecimiento significativa respecto a los peces alimentados con torta de aceite de mostaza y salvado de arroz (Raja *et al.*, 2019).

Se han obtenido niveles de supervivencia de un 84.16 %, mayor producción y mejor tasa de conversión alimentaria en carpas rohu (*Labeo rohita*) y mrigal (*Cirrhinus mrigala*) alimentadas con ensilaje de pupas de gusano de seda fermentadas en comparación con dietas a base de pupa de gusano de seda sin tratar y harina de pescado (Rangacharyulu *et al.*, 2003).

Las dietas a base de pupa fermentadas de gusano de seda permitieron en alevines de *Tilapia mossambica* mayor ganancia de peso, velocidad de crecimiento, acumulación de ácidos grasos

poliinsaturados n3 y aumento de la relación n6/n3, lo que indica que los peces pueden asimilar bien este alimento. Esto se debió posiblemente a una mayor palatabilidad y preferencia de los peces de tomarlo como su comida potencial (Bag *et al.*, 2013).

Shakoori *et al.* (2016) demostraron en la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) que el 10 % de la harina de pescado puede ser reemplazada con pupas de gusano de seda sin mostrar efectos adversos en los valores de conversión alimentaria, velocidad de crecimiento específico, ganancia de peso, factor de condición y supervivencia. Por el contrario, una inclusión superior al 10 % redujo el crecimiento y aumento la conversión alimentaria.

En alevines de pez gato africano (*Clarias gariepinus*) para obtener un crecimiento óptimo y una adecuada utilización de la proteína se recomiendan dietas con un 50 % de sustitución de proteína de la pupa del gusano de seda en la harina de pescado. Alevines alimentados con un 25 % - 75 % de inclusión tienen mejor rendimiento en crecimiento que en dietas con una sola fuente de proteína de origen animal debido a que la ingesta proteica es mayor (Kurbanov *et al.*, 2015).

Un estudio para comprender la influencia de dietas con diferentes fuentes de proteína en el crecimiento y metabolismo del pez gato tropical (*Clarias batrachus*) reveló que la pupa seca de gusano de seda son mejores fuentes de proteína en la dieta produciendo un crecimiento satisfactorio (Raja *et al.*, 2019).

En la lubina japonesa (*Lateolabrax japonicus*) la digestibilidad de la energía y de la PC fue de 73 % y 85 % respectivamente para la harina de pupa con aceite, la cual fue inferior a la harina de subproductos avícolas, harina de pluma, harina de sangre y harina de soya; pero comparable a la harina de carne y hueso (Raja *et al.*, 2019).

## CONCLUSIONES

La pupa del gusano de seda un constituye un subproducto rentable y altamente nutritivo que es incluido en la dieta de las especies domésticas con resultados favorables en los indicadores de salud y producción.

## REFERENCIAS

Akhtar, Y. y Isman, M. B. Insects as an alternative protein source (2018). Proteins in foods processings. Vancouver, Canada. p.273. DOI:[10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5)

- Bag, M. P., Mahapatra, S. C., & Rao, P. S. (2013). Sericulture byproduct as feed for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Current Biotica*, 6(4), 489-500. <https://ets-staffing.com/currentbiotica/Journals6-IssueIV/CB-6-4-Full-length-8.pdf>
- Bandlamori, S. V., Mondal, M., Singh, C. R., & Karkada, A. M., (2012). Evaluation of Nutritional Composition of Hybrids of Waste Silkworm Pupa *Bombyx Mori L.* as a Potential Raw Material for Poultry Feed- A Sustainable Technology for Future. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 1 (10), 1-5. <https://www.ijert.org/evaluation-of-nutritional-composition-of-hybrids-of-waste-silkworm-pupa-bombyx-mori-l-as-a-potential-raw-material-for-poultry-feed-a-sustainable-technology-for-future>.
- Dobermann, D., Swift, J. A., & Field, L. M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 42(4), 293-308. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/nbu.12291>
- Dutta, A., Dutta, S., & Kumari, S. (2012). Growth of poultry chicks fed on formulated feed containing silk worm pupae meal as protein supplement and commercial diet. *Online J. Anim. Feed Res*, 2(3), 303-307. <https://www.ojafir.com/main/attachments/article/87/OJAFR,%20B57,%20303-307,%202012.pdf>
- Hassan, S. (2018). Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1144-1157. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1474743>
- Kowalska, D., Gugolek, A., & Strychalski, J. (2020). Evaluation of slaughter parameters and meat quality of rabbits fed diets with silkworm pupae and mealworm larvae meals. *Annals of Animal Science*, 20(2), 551-564. <https://www.proquest.com/openview/a3d09dbea694dbfafcfa37a088cfa1d1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1976406>
- Kurbanov, A. R., Milusheva, R. Y., Rashidova, S. S., & Kamilov, B. G. (2015). Effect of replacement of fish meal with silkworm (*Bombyx mori*) pupa protein on the growth of *Clarias gariepinus* fingerling. *Int J Fish Aquat Stud*, 2(6), 25-27. <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2015/vol2issue6/PartA/2-6-11.pdf>
- Lokeshwari, R., Shantibala, T., Singh, K. M., & Hazarika, B. (2019). The nutritional goldmine waste: The spent pupae of mulberry, eri and oak tasar silkworms for combating malnutrition. *International Journal of Environment, Ecology, Family and Urban Studies*. 9(2), 129-138. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Nutritional-Goldmine->

[Waste%2C-The-Spent-Pupae-of-Lokeshwari-Tjprc/f654e9148a72ed926a65099680d5482abad364d4](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008)

- Makkar, H. P., 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. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Pai, I. K. (2017). Sericulture'waste'silkworm pupae as alternate source for animal protein. *Innovative Techniques in Agriculture*. 1(3), 119-122. [http://irgu.unigoa.ac.in/drs/bitstream/handle/unigoa/4900/Innovat\\_Tech\\_Agricult\\_1\(3\)\\_2017\\_119-122.pdf?sequence=1](http://irgu.unigoa.ac.in/drs/bitstream/handle/unigoa/4900/Innovat_Tech_Agricult_1(3)_2017_119-122.pdf?sequence=1)
- Priyadharshini, P., Maria, A. y Saratha, M. (2017). Industrial utilization of silkworm pupae – A review. *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary*, 5(7), 64. <http://www.jiarm.com/AUG2017/paper30932.pdf>
- Raja, K., Aanand, S., Stephen Sampathkumar, J., & Padmavathy, P. (2019). Silkworm pupae meal as alternative source of protein in fish feed. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(4), 78-85. [https://www.researchgate.net/profile/S-Aanand-2/publication/334909611\\_Silkworm\\_pupae\\_meal\\_as\\_alternative\\_source\\_of\\_protein\\_in\\_fish\\_feed/links/5d44f44fa6fdcc370a76bf6d/Silkworm-pupae-meal-as-alternative-source-of-protein-in-fish-feed.pdf](https://www.researchgate.net/profile/S-Aanand-2/publication/334909611_Silkworm_pupae_meal_as_alternative_source_of_protein_in_fish_feed/links/5d44f44fa6fdcc370a76bf6d/Silkworm-pupae-meal-as-alternative-source-of-protein-in-fish-feed.pdf)
- Rangacharyulu, P. V., Giri, S. S., Paul, B. N., Yashoda, K. P., Rao, R. J., Mahendrakar, N. S., Mohanty, S. N., & Mukhopadhyay, P. K. (2003). Utilization of fermented silkworm pupae silage in feed for carps. *Bioresource technology*, 86(1), 29-32. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00113-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00113-X)
- Samaddar, A. (2018). A review of fish meal replacement with fermented biodegradable organic wastes in aquaculture. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 6(6), 203-208. <https://www.fisheriesjournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=6&part=C&ArticleId=1759>
- Sasmal, S., Sharma, R. L., Sahu, M. K., Singh, R., & Toppo, S. (2018). Efficacy of silkworm pupae as a supplementary feed for fingerlings of Indian major carp rohu, *Labeo rohita* ham. *International Journal of Agriculture Sciences*, 10(5). <https://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/5810001679>
- Shakoori, M., Gholipour, H., Naseri, S., & Khara, H. (2016). Growth, survival, and body composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, when dietary fish meal is replaced with silkworm (*Bombyx mori*) pupae. *Fisheries & Aquatic Life*, 24(1), 53-57. <https://doi.org/10.1515/aopf-2016-0006>

Gorrín Armas, G.

Tomotake, H., Katagiri, M., & Yamato, M. (2010). Silkworm pupae (*Bombyx mori*) are new sources of high quality protein and lipid. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 56(6), 446-448. <https://doi.org/10.3177/jnsv.56.446>

Ullah, R., Khan, S., Khan, N. A., Mobashar, M., Sultan, A., Ahmad, N., & Lohakare, J. (2017). Replacement of soybean meal with silkworm meal in the diets of white leghorn layers and effects on performance, apparent total tract digestibility, blood profile and egg quality. *Int J Vet Health Sci Res*, 5(7), 200-207. <http://dx.doi.org/10.19070/2332-2748-1700040>

### **CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

Concepción y diseño de la investigación: GGA; análisis e interpretación de los datos: GGA; redacción del artículo: GGA.

### **CONFLICTO DE INTERESES**

El autor declara que no existe conflicto de intereses.