

**Implicaciones del uso de larvas de *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio* en la
alimentación avícola**

Cristian Orlando Ramírez Pabon

Trabajo para optar al título de Especialista en Nutrición Animal Sostenible

Directora:

Helena Espitia Manrique

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente

Especialización en Nutrición Animal Sostenible

Garagoa

2020

Resumen

Actualmente en los países en desarrollo especialmente en las zonas rurales, se han implementado estrategias nutricionales como el uso de alimentos no convencionales en la alimentación de monogástricos.

Sin embargo, es importante considerar que los limitados recursos de fuentes convencionales y prominentes precios, generan obstrucción en el equilibrio y la rentabilidad de esta actividad agropecuaria.

Varios investigadores han utilizado harinas de insectos como aditivo alimenticio en aves, empleando particularmente la fase larvaria de coleópteros donde se ha expuesto resultados interesantes e idóneos. Los gusanos de la harina han llamado la atención por la eficiencia transformadora de los desechos orgánicos, para obtener buenas fuentes de proteínas y energía.

Cabe destacar que los insectos son parte de la dieta natural de las aves de corral.

La cría de insectos como ingrediente para la alimentación animal surge como alternativa y presenta varias ventajas sobre las actuales fuentes de proteína, desde el nivel de la seguridad alimentaria hasta el medioambiental. Así mismo, es importante tener en cuenta que los insectos pueden ser producidos en cualquier sitio; a su vez estos individuos se desarrollan a gran velocidad, lo cual garantiza que en dos o tres semanas pueden cosecharse las larvas, que son mayormente empleadas como fuente alimenticia.

La presente monografía pretende responder la siguiente pregunta: ¿Qué efectos genera el uso de larvas de *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio* en la alimentación avícola?

Por tal motivo se realizó una breve revisión bibliográfica para ver las implicaciones nutricionales del uso de los coleópteros *T. molitor* y *Z. morio* como fuente alimenticia en las explotaciones avícolas, así como describir las generalidades de estos escarabajos y realizar discusión de los hallazgos encontrados.

Palabras Claves: *avicultura, coleópteros, harina de insectos, larvas.*

Abstract

Currently in developing countries, especially in rural areas, nutritional strategies such as the use of non-conventional foods in the feeding of monogastrics have been implemented.

However, it is important to consider that the limited resources from conventional sources and prominent prices, generate obstruction in the balance and profitability of this agricultural activity.

Several researchers have used insect meal as a food additive in birds, using particularly the larval stage of coleoptera where interesting and suitable results have been presented. Flour worms have attracted attention because of their efficiency in transforming organic waste into good sources of protein and energy.

It should be noted that insects are part of the natural diet of poultry.

The breeding of insects as an ingredient for animal feed has emerged as an alternative and has several advantages over current protein sources, from the level of food safety to the environmental. It is also important to bear in mind that insects can be produced anywhere; these individuals develop at great speed, which guarantees that in two or three weeks the larvae, which are mostly used as a food source, can be harvested.

This monograph aims to answer the following question: What are the effects of using larvae of *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* in poultry feed?

For this reason, a brief bibliographic review was carried out to see the nutritional implications of the use of *T. molitor* and *Z. morio* beetles as a food source in poultry farms, as well as to describe the generalities of these beetles and discuss the findings.

Keywords: poultry farming, beetles, insect meal, larvae

Tabla de Contenido

Resumen	2
Abstract.....	4
Introducción	11
Planteamiento de la temática	12
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Revisión bibliográfica.....	15
Estado del conocimiento de los insectos como alimento	15
Insectos como componente alimenticio	20
Generalidades del <i>T. molitor</i>	23
Ciclo de Vida.....	26
Cría de <i>T. molitor</i>.....	27
Generalidades <i>Zophobas morio</i>	28
Ciclo de Vida.....	31
Cría de zophobas	33
Inclusión del <i>T. molitor</i> y <i>Zophobas morio</i> en la alimentación avícola	34
Discusión de los hallazgos	39
Valor nutricional de los coleópteros investigados	39
Implicaciones sobre la Inclusión de larvas de <i>T. molitor</i> Y <i>Z. morio</i> en alimentación avícola	44
Conclusiones	46
Referencias Bibliográficas	49

Lista de tablas

Tabla 1_Órdenes más comunes de insectos que consumen los humanos. Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016).....	17
Tabla 2_Familias de insectos que los humanos consumen con mayor frecuencia en todo el mundo. Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)	17
Tabla 3_Algunos de los insectos más comunes cultivados con el propósito de producir alimentos y piensos. Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)	21
Tabla 4. Resumen perfil nutricional <i>T. molitor</i> por otros autores	24
Tabla 5 Analisis proximal <i>Zophobas morio</i> (larva). Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)	29

Tabla 6 Minerales presentes en larvas de *Zophobas morio* (mg/100 g Materia Seca).
Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

..... 29

Tabla 7 Vitaminas presentes en larvas de *Zophobas morio* (mg/100 g Materia Seca).
Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

..... 30

Tabla 8. Composición de aminoácidos del *T.molitor* (Makkar *et al.* 2014)

..... 40

Tabla 9. Perfil de aminoácidos esenciales de *T. molitor*

..... 47

Tabla 10. Perfil de aminoácidos esenciales de *Z. morio*

..... 47

Lista de figuras

Figura 1 Aminoácidos esenciales del <i>T. molitor</i>	25
Figura 2 Ciclo de Vida <i>T. molitor</i> Adaptado de: https://www.livinfarms.com/blog-1/2018/7/24/mealworm-vs-buffalo-worm-what-is-the-difference	27
Figura 3 Sustrato empleado en la cría de tenebrios	28
Figura 4 Resumen de algunos estudios realizados por diferentes autores sobre el perfil nutricional de la especie <i>Zophobas morio</i>	30
Figura 5. Aminoácidos esenciales <i>Z. morio</i>	31

Figura 6 Ciclo de Vida *Zophobas morio*

Tomada de: <https://www.alimentovivosamsa.com/modules//smartblog/images/98-single-default.jpg>..... 32

Figura 7 *Zophobas morio*

..... 34

Figura 8 Comparación nutricional del TM, ZM y Harina de Soya

.....38

Figura 9 Composición nutricional de harina de larvas de *T. molitor*

.....41

Introducción

El incremento de la población mundial genera un impacto en el medio ambiente y en la distribución de los recursos naturales. De acuerdo con las proyecciones de crecimiento poblacional, la producción de alimento para 2050 debe incrementarse; no sólo en términos de volumen sino deben encontrarse soluciones innovadoras y sostenibles de producción de alimento de origen animal.

Este trabajo mediante una revisión documental, recopila información científica referente al uso de insectos potenciales para la alimentación en pollo de engorde a partir de larvas de *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio*, analizando la utilización de las dos especies de invertebrados sobre la incidencia en las aves anteriormente mencionadas; así mismo, estas materias primas no convencionales constituyen un gran impacto a considerar en producciones avícolas, puesto que son elementos con aportes significativos en la alimentación animal para ser tenidos en cuenta para su implementación en sistemas productivos del país, lo cual permite un impacto económico, social y ambientalmente positivo.

Esta investigación se desarrollará como revisión sistemática, en la cual se efectuará una búsqueda de los estudios que se han ejecutado sobre el tema en los últimos años, donde se enfatiza el uso de larvas de *T.molitor* y *Z. morio* empleados en dietas para aves de corral y a su vez los efectos o impactos que estos les generan.

Para adquirir la información se utilizarán fuentes confiables y de alta calidad en donde se hará revisión bibliográfica de bases de datos, repositorios y buscadores académicos.

Planteamiento de la temática

La producción de proteína de animales monogástricos empleando alimentos no convencionales en países en desarrollo, se ha considerado como una estrategia alimenticia para toda la población, especialmente la rural. Por consiguiente, existe la inminente necesidad de buscar alternativas de alimentación animal que mantengan o mejoren la productictividad, al mismo tiempo que complementen las fuentes vegetales tradicionales y conduzcan a un aumento concomitante en seguridad alimentaria. (PROteINSECT, 2016)

Debe señalarse que los limitados recursos de fuentes convencionales y prominentes precios generan obstrucción en el equilibrio y la rentabilidad de esta actividad agropecuaria. Por lo tanto, actualmente estudios referentes a los insectos muestran que frecuentemente, son una alternativa económica y sostenible a la hora de calcular los costes totales de los alimentos que se producen con técnicas convencionales. De esta manera el uso de tales individuos como ingrediente en la composición de piensos es técnicamente viable, presenta beneficios de carácter ambiental, sanitario y social. (FAO, 2013)

Respecto a esto, Bañon *et al.* (2019), indican que la cría de insectos como ingrediente para la alimentación animal presenta varias ventajas sobre las actuales fuentes de proteína, desde el nivel de la seguridad alimentaria hasta el medioambiental. Los insectos tienen la ventaja que pueden ser producidos en cualquier sitio y se desarrollan a gran velocidad, esto

garantiza que en dos o tres semanas pueden cosecharse las larvas, las cuales son empleadas en su mayoría como fuente alimenticia. Por otro lado, los insectos siempre han formado parte de la dieta de varios animales omnívoros dentro de ellos algunas especies de abasto.

La presente monografía pretende responder la siguiente pregunta: ¿Qué efectos genera el uso de larvas de *T. molitor* y *Zophobas morio* en la alimentación avícola?

Objetivo General

Realizar una breve revisión bibliográfica que permita ver las implicaciones nutricionales del uso de los coleópteros *T. molitor* y *Z. morio* como fuente alimenticia en las aves de corral.

Objetivos Específicos

- Recopilar **información documentada** pertinente a la alimentación de las aves de engorde a partir de la inclusión de larvas de Tenebrios y Zophobas.
- Realizar una **discusión** sobre los hallazgos encontrados en la presente investigación.
- **Describir las generalidades de los escarabajos** *T. molitor* y *Zophobas morio*.

Revisión bibliográfica

Estado del conocimiento de los insectos como alimento

La evidencia existente en la actualidad sobre la investigación de los insectos comestibles indica que pueden desempeñar un papel importante respecto a la inseguridad alimentaria y nutricional. Los insectos son considerados como una fuente alimenticia atractiva puesto que presentan una rápida tasa de crecimiento, alta eficiencia en conversión de alimentos y requieren recursos mínimos para su crianza (Imathiu, 2020). En algunas ocasiones, las larvas pueden producirse con los residuos de la cocina dejando que la materia se descomponga en un área protegida, donde acuden los insectos y ponen sus huevos (Ravidran, 2013).

Según la FAO (2013), los insectos constituirían una alternativa sostenible y cuidadosa con el medio ambiente tanto para la alimentación animal como para la de millones de personas a nivel mundial. Por ejemplo, la cría y uso de larvas y crisálidas es una forma económica de suministrar materia de alto valor proteico a las aves de corral de las producciones familiares.

De acuerdo con Van Huis (2013), la búsqueda de fuentes alternativas de proteínas y alimentos para garantizar la seguridad alimentaria, hacen de la clase insecta, una fuente muy prometedora puesto que estos presentan ciertas características para su aprovechamiento y algunas de ellas se destacan a continuación:

- Algunas especies de insectos pueden biodegradar los desechos orgánicos y transformarlos en productos de alta calidad.
- Los insectos pueden sustituir en parte los ingredientes proteicos de los alimentos balanceados en las industrias ganadera, avícola y acuícola.
- Existe aproximadamente 1.900 especies de insectos cosechadas de la naturaleza para el consumo humano.
- Las especies de insectos comestibles criados con mayor frecuencia (grillos, langostas y gusanos de la harina) emiten niveles más bajos de Gases Efecto Invernadero - GEI que el ganado convencional.

Sin embargo, el aprovechamiento e implementación de esta fuente proteica, trae consigo varios desafíos como:

- El desarrollo de instalaciones de cría en masa rentables que producen productos estables, confiables y seguros.
- Establecimiento de instalaciones para cría y cosecha sostenibles de las poblaciones artrópodos.
- Desarrollar un nuevo sector económico de insectos como alimentos y alimentos balanceados para animales, donde se involucren un enfoque transdisciplinario, en el cual las autoridades gubernamentales, la industria y los científicos necesitan colaborar.

Los insectos son una opción alimenticia nutritiva, deliciosa y viable. Su potencial está creciendo debido a las tendencias actuales hacia una mayor apreciación de la diversidad cultural y un reconocimiento global de la necesidad de abordar los impactos ambientales de los sistemas agrícolas modernos. Por tal motivo, el cultivo de insectos es una perfecta

solución para abordar problemas de salud y medioambientales, puesto que estos especímenes pueden ser criados eficientemente en entornos urbanos (Premalatha et al., 2011).

Tabla1. Órdenes más comunes de insectos que consumen los humanos.

Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

ORDEN	FAMILIAS	ESPECIES
COLEÓPTEROS	19	467
LEPIDÓPTEROS	29	296
HIMENÓPTEROS	6	268
ORTÓPTEROS	9	219

A nivel mundial existen varios órdenes de insectos de gran importancia alimenticia tanto para humanos como animales, destacándose Lepidoptera, Coleoptera Orthoptera e Himenoptera.

Tabla 2. Familias de insectos que los humanos consumen con mayor frecuencia en todo el mundo. Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

ORDEN	FAMILIAS	ESPECIES
COLEÓPTEROS	<i>Scarabaeidae</i>	201

ORTHOPTERA	<i>Acrididae</i>	150
	<i>Saturniidae</i>	86
LEPIDÓPTEROS	<i>Hepialidae</i>	41
	<i>Sphingidae</i>	25
	<i>Cicadidae</i>	52
HEMÍPTEROS	<i>Pentatomidae</i>	27
	<i>Nepidae</i>	9
	<i>Belostomatidae</i>	9

Respecto a las familias de insectos más consumidas por los seres humanos en todo el mundo, pertenecientes al orden de coleópteros y Orthoptera; se destaca *Scarabaeidae* con 201 especies y *Acrididae* con 150 especies respectivamente.

En el caso de los Estados Unidos el *T. molitor* (gusano de la harina amarilla) y *Z. morio* (Gusano Rey) son las especies de gusanos de la harina más producidas. La producción comercial de gusanos de la harina comenzó en la década de 1950 y se ha expandido considerablemente en las últimas cuatro décadas. El mercado de gusanos de la harina inicialmente fue con el fin de suministrar cebo para la pesca, pero a finales de la década de 1970 surgió el mercado de alimentos para mascotas, lo cual aumentó notoriamente la demanda de vida de insectos alimentadores como gusanos de la harina. Así mismo, la forma de comercialización de estos individuos es, asada, viva, seca, empacados en bolsas y como polvos procesados en diferentes formas.

El súper gusano *Z. morio*, nativo de África meridional y central, también es una especie que ofrece un gran potencial como recurso de proteína de insecto. Por tal motivo, China produce miles de toneladas cada año en para la alimentación animal en la actualidad; las cuales son producidas industrialmente principalmente como alimento para mascotas y animales de zoológico (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016).

En general, se puede concluir que los insectos comestibles son una potencial fuente de alimentos ya que tienen alto contenido de energía y proteínas que cumplen con los requisitos de aminoácidos para humanos. Son ricos en varios micronutrientes tales como cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, selenio y zinc, así como riboflavina, ácido pantoténico, biotina y en algunos casos, ácido fólico.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que la composición de nutrientes de los insectos depende mucho de la alimentación de los mismos y por lo tanto se requiere más investigación sobre la calidad de las proteínas de los insectos, para poder evaluar completamente su valor en comparación con proteínas vegetales, así como otras proteínas animales y otros nutrientes, especialmente en la composición de ácidos grasos, minerales y vitaminas; a su vez para conocer la presencia de factores anti nutricionales (Rumpold y Schlüter 2013).

Insectos como componente alimenticio

Los insectos pueden manipularse para producir proteínas más económicas, así mismo estos son parte de la dieta natural de las aves de corral los cuales consumen gran variedad, como grillos, termitas, escarabajos, orugas, crisálidas, moscas, abejas, avispas y hormigas.

Los artrópodos son ricos en proteínas, donde se evidencian contenidos de proteínas desde 40 al 75%. Estas promisorias fuentes proteicas pueden acopiarse de las zonas circundantes. Del mismo modo la producción de insectos se puede desarrollar utilizando materiales de desecho (Ravidran, 2013).

Los insectos pueden ser consumidos en tres formas: enteros, enteros procesados y como un extracto de aislado de proteína. Estos individuos pueden aprovecharse de una forma no reconocible, como es el caso de harinas las cuales pueden ser incorporadas en productos alimenticios para aumentar valores nutricionales y/o funcionalidades. Así mismo, las proteínas pueden extraerse de los insectos y ser aplicadas en alimentos como alternativa al uso de la soya o cárnicos con el fin de adicionar funcionalidades y eliminar otros ingredientes que puedan alterar el perfil nutricional de alimentos. (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

Usualmente, los insectos se procesan de forma mínima para mantener la calidad y mejorar la vida útil mediante conservas, refrigeración, tostado, secado y horneado. Estos métodos de procesamiento modifican el valor nutricional, la calidad sensorial y vida útil del producto. Sin embargo, los insectos pueden no ser una fuente muy común de alimento en

muchas partes del mundo, pero gracias a la constante investigación se ha señalado su potencial para provocar Impacto en los aspectos de nutrición y procesamiento de la industria alimentaria. (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

Por su parte, los usos dietéticos y funcionales de la proteína y la quitina-quitosana fibrosa de fuentes de insectos es un campo que necesita ser explorado e investigado más a fondo (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

Tabla 3. Algunos de los insectos más comunes cultivados con el propósito de producir alimentos y piensos. Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ALIMENT O	PIENSOS
GRILLO DOMÉSTICO	<i>Acheta domesticus</i>	X	
GUSANO DE LA HARINA	<i>Tenebrio molitor</i>	X	X
GRILLO DE CAMPO MEDITERRÁNEO	<i>Gryllus bimaculatus</i>		X
GUSANO DE SEDA	<i>Bombyx mori</i>	X	X
GUSANO DE CERA	<i>Galleria mellonella</i>	X	
ABEJA EUROPEA	<i>Apis mellifera</i>	X	
MOSCA DOMESTICA	<i>Musca domestica</i>		X
MOSCA VERDE BOTELLA COMÚN	<i>Lucilia sericata</i>		X
CHAFER ROSA VERDE	<i>Cetonia aurata</i>		X

GRILLO DE CAMPO JAMAICANO	<i>Gryllus assimilis</i>	X
LANGOSTA MIGRATORIA	<i>Locusta migratoria</i>	X
GORGOJO DE LA PALMA	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	X
GORGOJO AFRICANO DE LA PALMA	<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	X
ESCARABAJO DEL SOL	<i>Pachnoda marginata</i>	X

Los insectos son alternativas potencialmente sostenibles para elaborar alimentos proteicos de alta calidad, eficiente y sostenible; algunas especies se pueden cultivar eficazmente. Son comúnmente consumidos por gatos salvajes en todo el mundo contribuyendo hasta el 6% de su dieta. Sin embargo, la calidad de la proteína es actualmente limitada para la mayoría especies de insectos, por tal motivo para utilizar insectos en la elaboración de alimentos o piensos como fuente de proteínas en mascotas, es importante monitorear y controlar la variación en la composición de aminoácidos (Bosch et al., 2014).

En avicultura algunos estudios (Biasato et al., 2018; Bovera et al, 2016; Veldkamp y Bosch, 2015; Makkar et al., 2014) han demostrado que el reemplazo o reemplazo parcial de harina de pescado o la harina de soya con gusanos de harina resulta similar al rendimiento en el crecimiento y digestibilidad.

El aminoácido esencial limitante en los gusanos de la harina es la metionina, los bajos niveles de calcio presentes en el gusano de la harina se pueden corregir enriqueciendo el

alimento con Calcio. Además, los gusanos de la harina han sido probados en varios entornos de acuicultura y hasta el 25% del alimento tradicional puede ser reemplazado sin comprometer los rendimientos alcanzados en el estándar de la dieta, mientras que mayores proporciones de gusano de la harina tenían un efecto negativo. (Grau et al., 2017)

Generalidades del *T. molitor*

El *T. molitor* es un insecto perteneciente a la orden coleóptera, familia *Tenebrionidae*. Estos escarabajos son de color marrón claro luego de salir de la crisálida, pero a través del tiempo se van oscureciendo hasta llegar a una tonalidad casi negra. Estos individuos en estado adulto alcanzan una talla de 10 – 15 milímetros en el caso de los machos y las hembras llegan a medir hasta 18 milímetros. Las larvas tienen un tránsito de 8 – 12 mudas antes de convertirse en crisálidas, las cuales son de color miel sin embargo algunos pueden ser más claros.

El *T. molitor* se puede encontrar en almacenes de grano, por lo cual es visto como un problema mundial, pero a su vez este insecto es benéfico; su rendimiento en un ambiente inspeccionado es elevado, debido a que la hembra puede alcanzar posturas de 400 huevos. Se puede emplear en el estadio de larva, la cual puede servir para suplementar aves, mamíferos y reptiles insectívoros, dado su gran nivel proteico entre otros nutrientes. También es usada en la transformación de harina con alto nivel de proteína animal, la misma puede usarse como ingrediente en la producción de alimento balanceado de gran nivel reconstituyente (Soto, 2003).

Igualmente, Soto (2003), indica que la cría de las larvas del *T. molitor* es una forma sencilla, profiláctica y económica de obtención de alimento vivo proteico. Puede emplearse larvas y ninfas garantizando cantidades óptimas de alimento durante el año.

Respecto a esto, en el análisis realizado por Makkar *et al.* (2014), la harina de *T.molitor* contiene un buen balance de aminoácidos esenciales como lisina, metionina, triptófano, valina, isoleucina, leucina; alcanzando niveles de 52.8% de proteína bruta, lo cual indica que es una buena fuente de nutrientes necesarios en la dieta diaria de monogástricos.

A su vez, otras investigaciones realizadas en estos especímenes por diferentes autores se resumen a continuación:

Tabla 4. Resumen perfil nutricional *T. molitor* por otros autores

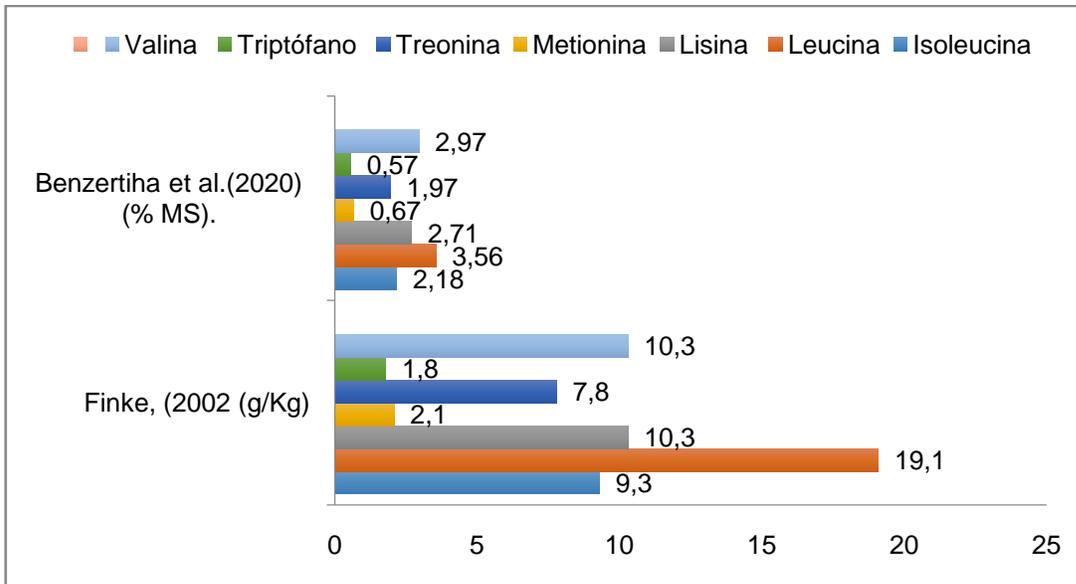
NUTRIENTE	AUTORES		
	<u>Hussain et al.(2017)</u>	<u>Bovera et al.(2015)</u>	<u>Khan et al.(2017)</u>
PROTEÍNA CRUDA	45.8	51.9	53
%			
FIBRA CRUDA %	4	7.2	3.1
CENIZA %	2.5	4.7	26.8
MINERALES (G/KG)			
CA	3.8	4.3	2.7
P	7.0	7.1	7.8
AMINOACIDOS ESENCIALES (G/100 G)			
ISOLEUCINA	4.5	2.6	4.6
LEUCINA	5.3	4.5	8.6

LISINA	4.5	1.7	5.4
METIONINA	1.3	1.6	1.5
FENILAMINA	1.5	-	4.0
TREONINA	1.6	2.7	4.0
TRIPTÓFANO	-	1.7	0.6
VALINA	4.4	3.7	6.0

Adaptado de: Mealworm (*T. molitor*) as potential alternative source of protein supplementation in broiler. (Hussain et al. 2017); Use of larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. (Bovera et al. 2015); Evaluating the nutritive profile of three insect meals and their effects to replace soya bean in broiler diet. (Khan et al.2017)

Por otra parte, el *T. molitor* garantiza una dieta más natural, debido a su valor proteico de alta digestibilidad, estas dietas son recomendadas para promover el crecimiento en general y ofrece un alto contenido de fósforo el cual estimula el metabolismo; acortando los períodos de recuperación en animales enfermos; aumenta y mejora el porcentaje de postura, fertilidad y conversión alimenticia (Ramos, 2001).

Figura 1 Aminoácidos esenciales del *T. molitor*



En efecto este artrópodo es calificado como una larva profiláctica y sin olor, así mismo gracias a su forma de alimentación y técnica de producción, no puede ser portadora de bacterias como lo pueden ser las fuentes de proteína de origen animal tradicionales. Por consiguiente, en nutrición animal el *T. molitor* puede ser aprovechado ya sea como insecto vivo, harina o fertilizante (Ramos, 2001).

Ciclo de Vida

Los tenebrios son individuos holometábolos, es decir de metamorfosis completa atravesando a lo largo de su vida por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto. Respecto a su periodo de vida va desde los cuatro a seis meses, donde la temperatura ambiental debe oscilar entre 20°C y 30°C. Las hembras alcanzan posturas de 1000 huevos a lo largo de su vida, para lo cual utilizan el sustrato donde viven (Arellano y Velásquez 2017).

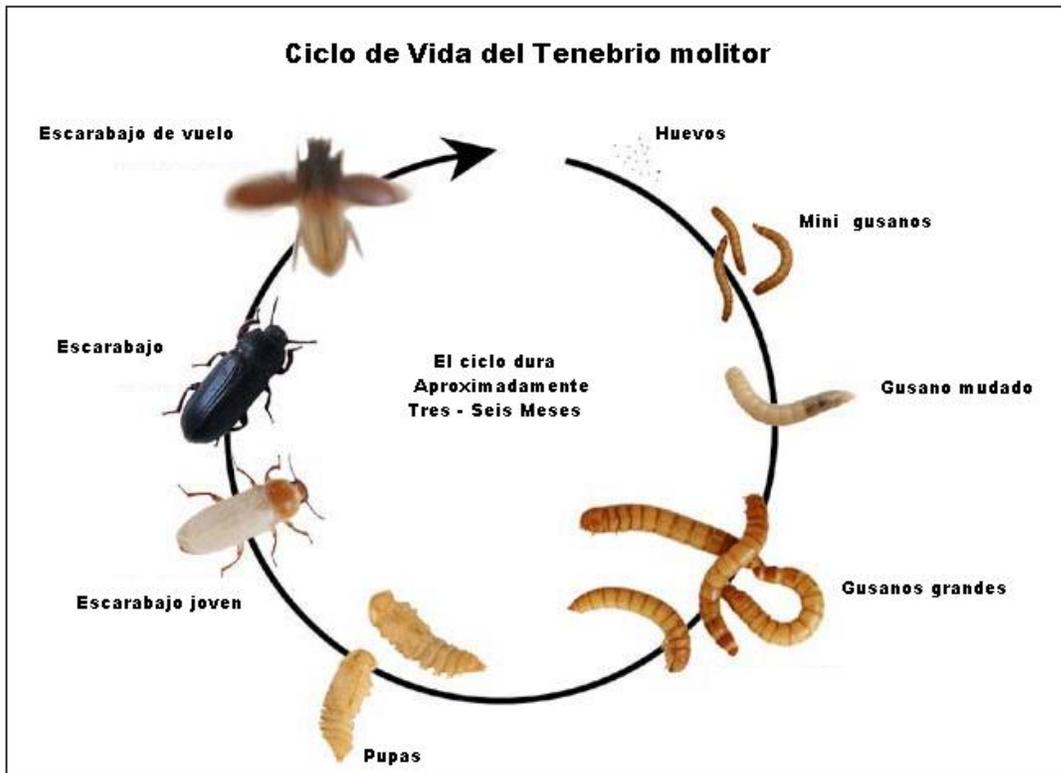


Figura 2 Ciclo de Vida *T. molitor* Adaptado de: <https://www.livinfarms.com/blog-1/2018/7/24/mealworm-vs-buffalo-worm-what-is-the-difference>

Cría de *T. molitor*

La cría de este espécimen ha sido empleada generalmente en zoológicos como complemento alimenticio para las especies insectívoras y a su vez se presenta como una excelente alternativa proteica para la elaboración de alimentos procesados para otras especies, dado su facilidad de manejo y elevado contenido proteico. Sin embargo, esta especie presenta una limitante respecto al bajo contenido de calcio en comparación con otros artrópodos y alto contenido de quitina que en algunos casos puede ocasionar

trastornos digestivos, en ciertos grupos de animales como en reptiles y anfibios, por lo que no es aconsejable ser empleada como única fuente de alimento.

El sustrato empleado en la cría de tenebrios es primordialmente el mismo alimento de los animales, el cual debe estar compuesto por cereales y derivados ricos en carbohidratos. Por lo general se usa la avena, el trigo, mezclas de granos picados, frutas con alto contenido de agua.

Este sustrato debe tener un espesor aproximado que va desde los 10 a 15 cm, así mismo debe permanecer seco y libre de hongos, con lo cual se evitará la muerte de la colonia. (Arellano y Velásquez, 2017).

Figura 3 Sustrato empleado en la cría de tenebrios



Fuente: el autor

Generalidades Zophobas morio

Zophobas morio es una especie coleóptera, perteneciente a la familia *Tenebrionidae*, cuya distribución está presente en Centro y Sudamérica, también es cultivado en EEUU y Europa. Las larvas de este escarabajo *Zophobas morio* resultan ser un alimento primordial en el mantenimiento de animales insectívoros de toda clase como: aves, mamíferos y reptiles. (Schulte, 1995)

El periodo larvario dura alrededor de 14 – 16 semanas y los escarabajos adultos tienen un promedio de vida de un año.

Tabla 5 Analisis proximal *Zophobas morio* (larva). Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

HUMEDAD (%)	57.9
PROTEINAS CRUDA	46.8
GRASA (%)	42
CENIZA	2.4

Tabla 6 Minerales presentes en larvas de *Zophobas morio* (mg/100 g Materia Seca). Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

NA	47.5
K	316
CA	17.7
P	237

FE	1.65
MG	49.8
ZN	3.07
CU	0.36
MN	0.43

Tabla 7 Vitaminas presentes en larvas de *Zophobas morio* (mg/100 g Materia Seca).

Adaptado de: (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

VITAMINA A	<1000 IU/KG
B - CAROTENO	<0.02
VITAMINA B1	0.06
RIBOFLAVINA B2	0.75
NIACINA	3.23
VITAMINA B6	0.32
ACIDO FOLICO	0.0066
ACIDO PANTOTENICO	1.94
BIOTINA	0.035
VITAMINA B12	0.42

Figura 4 Resumen de algunos estudios realizados por diferentes autores sobre el perfil nutricional de la especie *Zophobas morio*

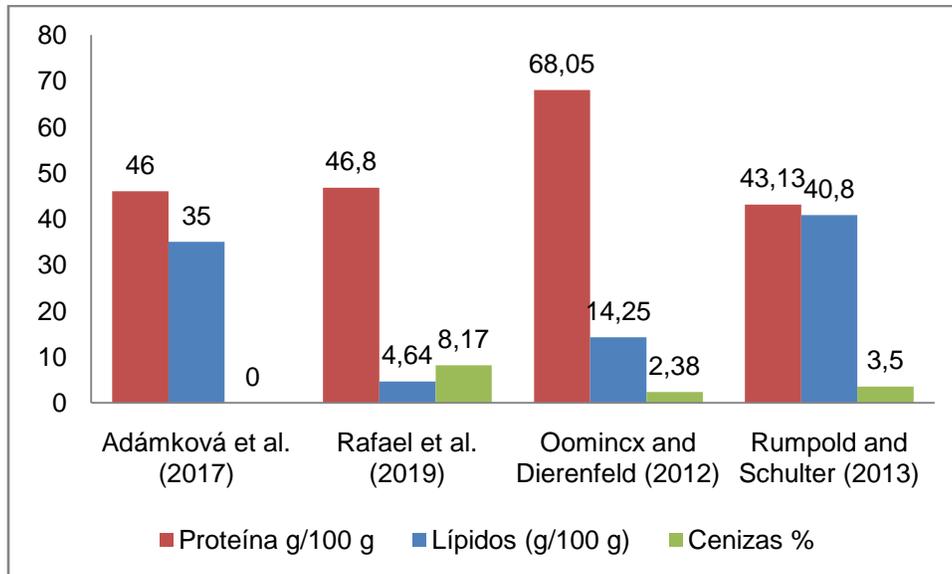
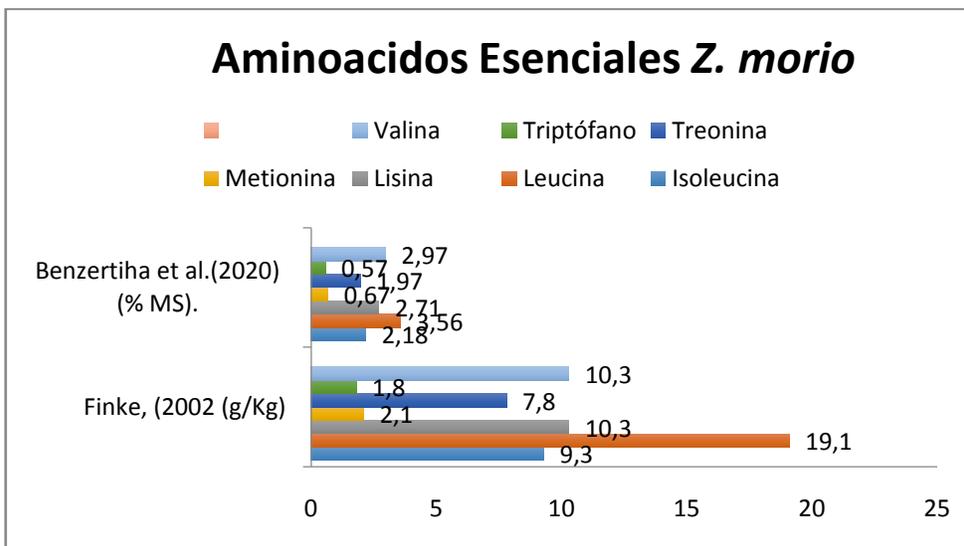


Figura 5. Aminoácidos esenciales *Z. morio*



Ciclo de Vida

El tiempo de maduración de los diferentes estadios de esta especie, está relacionada directamente con la temperatura ambiental, donde su periodo de maduración es menor a

temperaturas próximas a los 28°C y extendiéndose a bajas temperaturas. Las hembras en promedio ovipositan 20 huevos por postura, los cuales tiene una duración promedio de 10 días para eclosionar.

Las larvas presentan tres estadios larvarios antes de llegar a pupar, este proceso dura alrededor de 12 semanas. Las pupas son de color blanco, miden aproximadamente 30mm, y su duración varia de 2 a 3 semanas. Los adultos, una vez que emergen en condiciones adecuadas tienen un promedio de vida de un año. (Arellano y Velásquez, 2017).



Figura 6 Ciclo de Vida *Zophobas morio*

Tomada de: <https://www.alimentovivosamsa.com/modules//smartblog/images/98-single-default.jpg>

Cría de zophobas

La cría de zophobas no requieren luz, puesto que son animales fotofóbicos, por lo cual la cría debe localizarse en un sitio con sombra, pero bien ventilado. Es importante evitar el ingreso de otros organismos al sitio destinado para ello, especialmente de arañas, las cuales pueden eliminar colonias completas.

Para la cría de zophobas se debe proveer dos tipos de alimento:

- Alimento seco: se constituye principalmente de cereales y harinas, y es lo que se emplea en el medio de cría como sustrato. Lo recomendado para tal fin es la avena, soja y trigo, más una porción de grano picado.

- Alimento húmedo: Es importante puesto que proveerá a los animales de agua y vitaminas. Para lo cual se puede utilizar los restos vegetales que son producidos diariamente en la cocina, siempre que no contengan ningún condimento (Avellano y Velásquez, 2017)

Figura 7 *Zophobas morio*



A. Técnica de alimentación

B. Varios supergusanos

Tomada de <https://www.herpshop.com.au/CareSheets/SuperWorms/SuperWorms.html>

Inclusión del *T. molitor* y *Zophobas morio* en la alimentación avícola

En la actualidad los insectos son considerados como una fuente novedosa de proteínas para la alimentación animal, particularmente esta afirmación puede verse reflejada con el uso de larvas de *T. molitor* para la alimentación en pollos de engorde, demostrando que estos coleópteros contienen una fuente de proteína aceptable influyente en el rendimiento de su crecimiento. La inclusión del gusano de la harina *T. molitor* en dietas para pollo de engorde, no afecta el rendimiento productivo, el bienestar o sus características morfológicas, por lo tanto, este artrópodo puede emplearse de forma segura en dietas para aves de corral (Biasato *et al.* 2016).

Debe señalarse que en el ensayo realizado por Biasato *et al* (2018), donde se evaluó los efectos de la inclusión de harina de larvas de *T. molitor* en dietas para pollos de engorde, machos de la línea Ross 708; concluyeron que al aumentar los niveles de inclusión de *T. molitor* en las dietas para estas aves, puede mejorar el peso corporal y la ingesta de alimento, pero se ve afectada negativamente la eficiencia del alimento y la morfología intestinal. A pesar de esto, no se observó ningún resultado sobre los parámetros hematoquímicos, los rasgos de la canal y los hallazgos histológicos.

Por otro lado, se ha estudiado los efectos de reemplazar el aceite de soya con grasas de insectos seleccionadas en pollos de engorde; en el cual los resultados indican que la inclusión de *T. molitor* y *Z. morio* obtenidos a través de la extracción de CO₂ puede emplearse, para sustituir totalmente el aceite de soya en las dietas de pollo de engorde sin ningún impacto desfavorable en el rendimiento del crecimiento y digestibilidad de nutrientes. (Bartosz et al 2018)

De manera semejante A. Benzertiha et al. (2020), señalan que la adición baja 0.2% o 0.3%, de grasas de *T. molitor* y *Z. morio* empleados como aditivos funcionales en pollos de engorde, aumentaron el rendimiento de crecimiento y cambiaron los rasgos del sistema inmune. Sin embargo, se desconoce el mecanismo de funcionamiento de la grasa de estos insectos, por lo cual sugieren más estudios para investigarlos.

Por otra parte, en un estudio realizado en larvas del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*) y mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), se comparó los coeficientes de digestibilidad en dietas para pollos de engorde mediante la inclusión de los insectos mencionados, dentro de

los hallazgos no se presentó diferencias significativas relacionadas a la digestibilidad de materia seca, energía bruta, materia orgánica y proteína cruda (De Marco et al.,2015)

Adicionalmente se ha evaluado el uso de larvas secas de *T. molitor* y *Z. morio* fermentadas con probióticos como alternativa a los antibióticos en las dietas de pollo de engorde, para ver su influencia en el rendimiento del crecimiento, la inmunidad, mortalidad y concentraciones de microflora fecal y cecal, infectados por vía oral con *Salmonella* y *E. coli*. Los resultados de este estudio revelaron que la suplementación probiótica con la inclusión de estos artrópodos en las dietas, aumentaron el consumo de alimento diario promedio y la ganancia diaria promedio. Así mismo, se observó una mortalidad reducida de las aves en respuesta a la suplementación con larvas de gusanos de la harina secos y súper gusanos de la harina en comparación con la dieta control. Por lo tanto, estas larvas se pueden utilizar como una alternativa a los antibióticos empleados en las explotaciones avícolas (Van Huis, 2013; Manirul et al., 2017)

En la Investigación sobre el uso del *T. molitor* como fuente de proteínas en el rendimiento del crecimiento, rasgos de la canal, calidad de la carne y la morfología intestinal de las codornices japonesas; se examinaron los efectos de la inclusión de la harina de este artrópodo en las dietas como sustituto de la harina de pescado y el aceite de soja, demostrándose que el aumento de los niveles de *T. molitor* en dietas de codornices en crecimiento de hasta 30 g / kg lograría mejorar el peso corporal, conversión alimenticia, rendimiento de la canal, calidad de la carne y la morfología del yeyuno (Zahra et al., 2019)

Por su parte, Ballitoc y Sun (2013), realizaron un experimento donde se determinó el rendimiento del crecimiento y las características de la canal de pollos de engorde alimentados con diferentes niveles de inclusión de larvas de gusanos de la harina amarillos molidos. Los cinco tratamientos a niveles de inclusión fueron de 0, 0.5, 1, 2 y 10% para reemplazar el alimento comercial. Concluyeron que la suplementación con gusanos de harina amarillos molidos produjo un aumento en el consumo de alimento, peso corporal y eficiencia de alimento consumido debido a una tasa de conversión de alimento más baja. El rendimiento de la canal y el peso de los órganos internos mejoraron cuando el 2% de los gusanos amarillos fueron suplementados en la dieta de los pollos.

La investigación sobre el uso de insectos como alimento para animales procedente de Makkar et al., (2014) demuestra que los gusanos de la harina (*Tenebrio molitor*), contienen altas cantidades de PC (47-60%), grasa (31-43%) y son relativamente bajos en cenizas (<5% MS) por otra parte tienen un contenido bajo de Ca y una relación Ca: P muy baja. La composición de aminoácidos esenciales es buena.

Para finalizar debe señalarse que los gusanos de la harina son fuentes alternativas potenciales en las dietas de aves de corral, particularmente para reemplazar la harina de soya o de pescado. La calidad de la proteína es similar a la de la harina de soja, pero el contenido de metionina es limitante para las aves de corral.

Paralelamente en el estudio realizado en **pollos de engorde**, la inclusión de hasta el 10% en base a materia seca de gusanos de la harina secos en una dieta de iniciación basada en sorgo

y harina de soya puede usarse sin efectos negativos sobre el consumo de alimento, el aumento de peso y la eficiencia del alimento (Ramos-Elorduy et al., 2002).

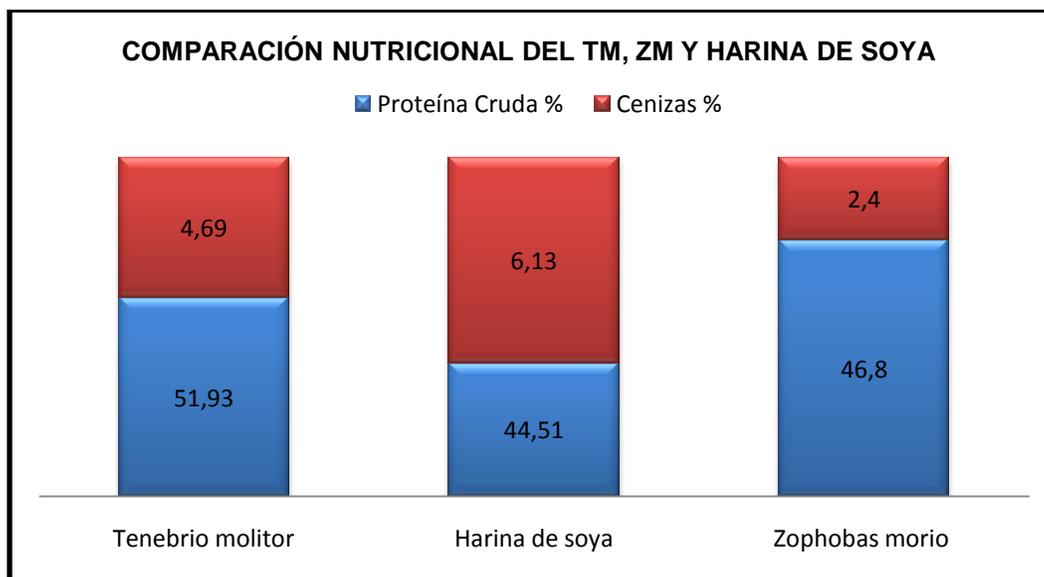
Discusión de los hallazgos

Valor nutricional de los coleópteros investigados

Las aves tienen necesidades específicas de aminoácidos de manera que si estos son inadecuados hay una reducción o cese del crecimiento o productividad. Biasato *et al.* (2016), demostró en su investigación que el uso de larvas de *T. molitor* para la alimentación en pollos de engorde contienen una fuente de proteína aceptable influyente en el rendimiento de su crecimiento, además de ello aseguran que este coleóptero puede emplearse de forma segura en dietas para aves de corral.

En la gráfica 8 se destaca el alto valor proteico del *T. molitor* y *Z. morio*, frente a la harina de soya que es un ingrediente principal en la elaboración de alimento balanceado para aves.

Figura 8 Comparación nutricional del TM, ZM y Harina de Soya



Fuente: Características químicas del *T. molitor* y harina de soya (Bovera et al. 2015); *Zophobas morio* (Dossey, Morales-Ramos and Rojas, 2016)

Por lo tanto, se puede afirmar que estos insectos pueden competir con fuentes de proteínas convencionales y convertirse en un enlace interesante en la cadena de alimentación animal para cumplir con el aumento global sobre la demanda de proteínas. (Veldkamp and Bosch, 2015)

En la revisión efectuada anteriormente, Makkar *et al.* (2014), señaló que la harina de *T.molitor* presento un buen balance de aminoácidos esenciales, esta premisa es importante porque con la inclusión de estas sustancias en la dieta diaria de las aves garantizará una adecuada producción y mantenimiento de las mismas.

Por ejemplo, los aminoácidos, como proteínas, son componentes primarios de tejidos estructurales y protectores, como piel, plumas, matriz ósea y ligamentos, así como de los tejidos blandos, incluidos órganos y músculos.

Tabla 8. Composición de aminoácidos del *T.molitor* (Makkar *et al.* 2014)

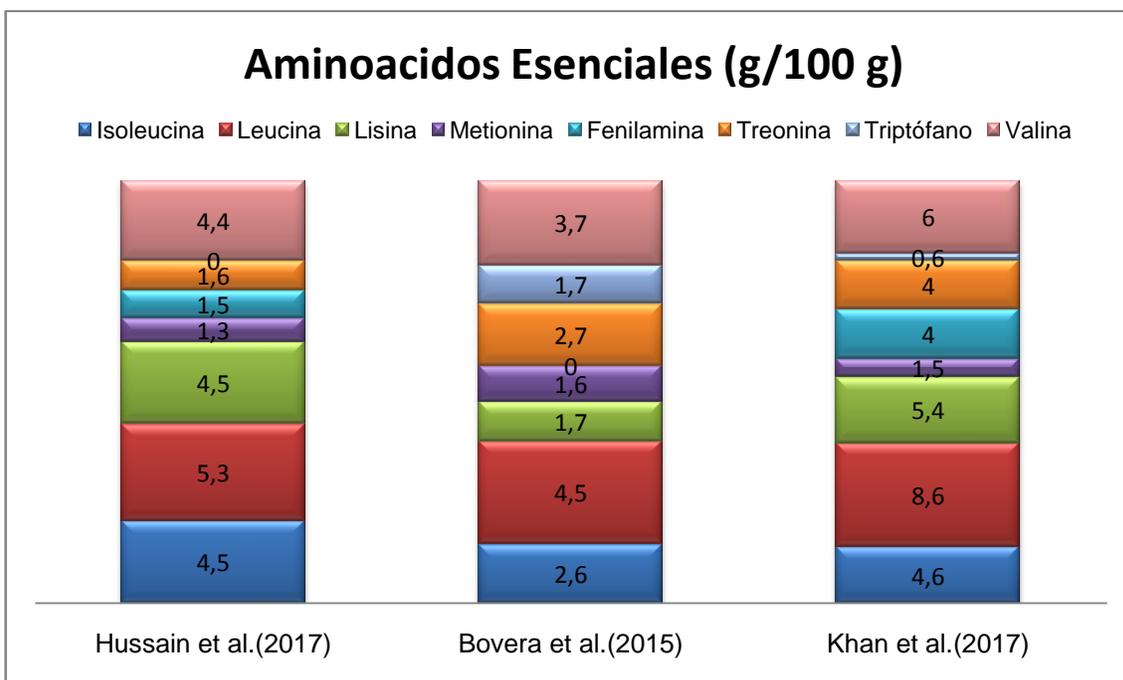
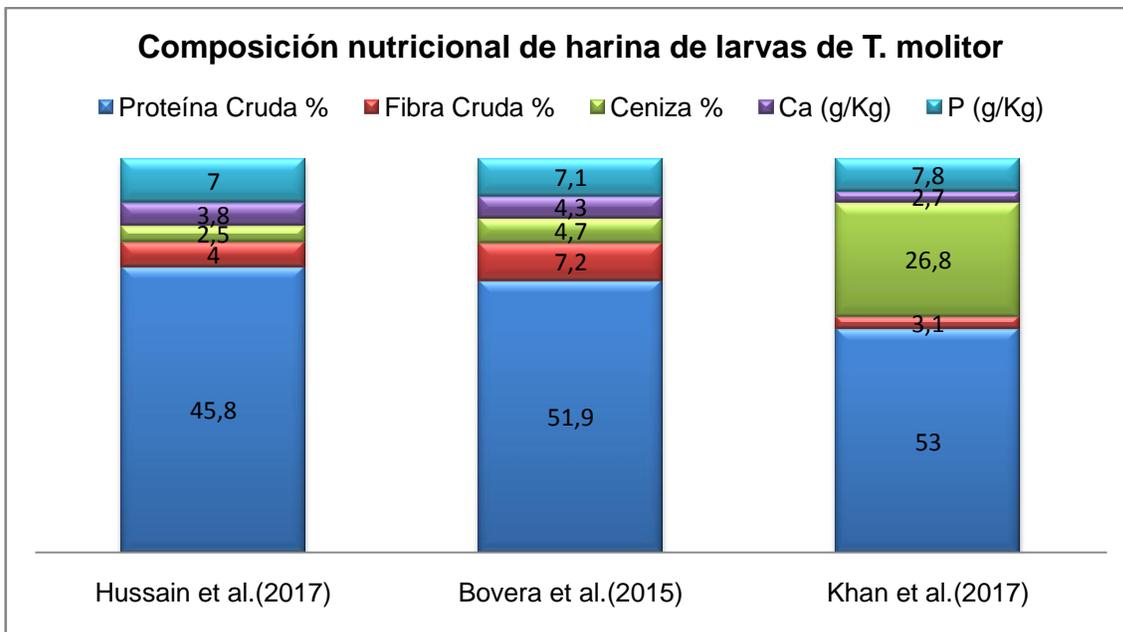
AMINOÁCIDOS	G/16 G NITRÓGENO
ALANINA	7.3
ARGININA	4.8
ISOLEUCINA	4.6
LEUCINA	8.6
LISINA	5.4

METIONINA	1.5
TREONINA	4.0
TRIPTÓFANO	0.6
VALINA	6.0
TIROSINA	7.4

Además, aminoácidos y péptidos pequeños resultantes de la absorción y digestión, puede cumplir una variedad de funciones metabólicas y como precursores de muchos componentes importantes del cuerpo no proteico. (NRC, 1994)

En la Figura 9 se presenta que el valor nutricional de los gusanos de la harina, varía de acuerdo al medio de cultivo en el cual se han desarrollado y al tipo de alimentación suministrada durante su producción. Son ricos en proteínas y aminoácidos esenciales. (Rumpold y Schlüter 2013)

Figura 9 Composición nutricional de harina de larvas de *T. molitor*



Por otro lado, sus larvas alcanzan un bajo contenido de calcio pero son ricas en contenido de fosforo el cual es importante según la investigación realizada por Ramos, (2001) para acortar los períodos de convalecencia en animales enfermos y mejorar rendimientos productivos.

La incorporación de fuentes energéticas en la dieta de aves de corral principalmente en pollo de engorde, logra una mayor eficiencia en este tipo de sistemas de producción puesto que la energía metabolizable es necesaria para expresar el potencial genético en cuanto al crecimiento (NRC, 1994). Por tal motivo, se requiere el aporte de ingredientes o materias primas con elevada concentración calórica, la cual puede ser obtenida mediante la grasa animal.

En la actualidad los insectos comestibles no son considerados como fuentes de energía para la nutrición de aves de corral lo cual es sorprendente porque las especies de invertebrados más usadas habitualmente como alimento contiene altas concentraciones de grasa, las cuales superan el 30% de la materia seca. (Sosa y Fogliano 2017).

Lo anteriormente mencionado puede verse reflejado en el contenido de grasa de dos especies de coleópteros evaluados por Bartosz et al (2018) donde se determinó un nivel de 30.8% para el *T. molitor* y un 33.6% para *Zophobas morio*. Así mismo en esta evaluación se concluyó que la grasa de estos individuos sirve para remplazar el aceite de soya en pollo de engorde sin generar ningún impacto desfavorable en su rendimiento de crecimiento y digestibilidad de nutrientes.

Ahora bien, el uso de larvas secas de *T. molitor* y *Z. morio* fermentadas con probióticos como alternativa a los antibióticos en las dietas de pollo de engorde, pueden emplearse, dado que aumentan el consumo de alimento diario promedio, la ganancia diaria de peso y reduce la mortalidad de las aves (Manirul et al., 2017)

Las fuentes de proteína de origen animal están sujetas a variación como consecuencia de condiciones en la fabricación y entornos naturales de las materias primas a procesar. Lo

cual puede verse influenciado en la disminución de digestibilidad o pérdida de aminoácidos esenciales. (NRC, 1994)

Por tal motivo cabe destacar la investigación realizada por (De Marco et al., 2015) donde demostró que las larvas de *T. molitor* y *Hermetia illucens* son fuentes valiosas de aminoácidos esenciales y aminoácidos digestibles, lo cual es útil para obtener o garantizar una mejor formulación en dietas para aves, de modo que estos artrópodos se perfilan como ingredientes potenciales para su uso.

La granulación puede aumentar la digestibilidad de nutrientes en algunos alimentos constituyentes; sin embargo, el resultado primario es uso mejorado de los nutrientes ya disponibles aparentemente debido a la actividad física reducida por el ave. Generalmente, la granulación facilita la ingesta de alimento, aumenta la energía neta de producción a partir de energía metabolizable (EM) y reduce el desperdicio del alimento. (Moran, 1989; NRC, 1994) Lo anterior tiene relación con el estudio realizado por Ballitoc y Sun (2013), quienes demostraron que la suplementación con gusanos de harina amarillos molidos en pollo de engorde, produjo un aumento en la ingesta de alimento, el peso corporal y la eficiencia de alimento consumido debido a una tasa de conversión de alimento (FCR) más baja.

Implicaciones sobre la Inclusión de larvas de *T. molitor* Y *Z. morio* en alimentación avícola

- El uso de insectos como materia prima para la dieta de aves es sostenible, rico en proteínas y son técnicamente factibles.

- El perfil de aminoácidos del gusano amarillo de la harina está cerca del perfil de la harina de soya con metionina o metionina + cistina, que generalmente son los aminoácidos esenciales limitantes para pollos de engorde. (Veldkamp and Bosch, 2015)

- El uso de aceite de *T. molitor* afecta positivamente la digestibilidad de los nutrientes.

- Además, el *T. molitor* afecta positivamente el contenido de ácido graso de la carne de pechuga, lo cual es uno de los requisitos de calidad exigidos por el consumidor. (Bartosz et al 2018)

- Las larvas de *T. molitor* destinadas para la alimentación en pollos de engorde, es una fuente de proteína aceptable influyente en el rendimiento de su crecimiento. Igualmente, no afecta el rendimiento productivo, el bienestar o sus características morfológicas, (Biasato *et al.* 2016)

- Tal como lo afirma diversos autores el uso de estos insectos como alimento en la dieta avícola, representan un sistema de producción más sostenible y adecuada para satisfacer la demanda de alimento y minimiza los costos de producción, al ser comparado con otras fuentes de proteína animal como la harina soya o la harina de pescado.

Conclusiones

- En la alimentación avícola las fuentes de proteína tradicionales para elaborar alimento balanceado son de soja la cual suministra buena proteína, pero su acceso se ve limitado dado su elevado costo y variaciones climáticas en los sitios de producción.

Por lo tanto, existe una necesidad de buscar fuentes de proteína alternativa y rentable que garanticen nutrientes equivalentes a las harinas de soja y pescado para las explotaciones avícolas.

- Es necesario realizar investigaciones respecto a la masificación en la producción de estos coleópteros a fin de determinar sistemas de cría de insectos que permitan extraer conclusiones definitivas en cuanto a la rentabilidad de su producción, así como de los rendimientos, para que estas especies puedan ser catalogados como ingredientes importantes en la producción de alimentos balanceados para aves de corral.

- Nutricionalmente las larvas de *T. molitor* y *Z. morio* se presentan como una opción proteica para la alimentación animal con nutrientes equivalentes a las fuentes de proteína convencionales.

Tabla 9. Perfil de aminoácidos esenciales de *T. molitor*

NUTRIENTE	AUTORES	
	<u>Finke, (2002)</u> (g/Kg)	<u>Wu et al.(2020)</u> (mg / g MS).
AMINOACIDOS ESENCIALES		
ISOLEUCINA	9.4	-
LEUCINA	19.9	22.06
LISINA	10.2	15.81
METIONINA	2.4	6.01
FENILAMINA	-	-
TREONINA	7.7	12.66
TRIPTÓFANO	1.5	2.98
VALINA	11.10	18.91

Tabla 10. Perfil de aminoácidos esenciales de *Z. morio*

NUTRIENTE	AUTORES	
	<u>Finke, (2002)</u> (g/Kg)	<u>Benzertiha et al.(2020)</u> (% MS).
AMINOACIDOS ESENCIALES		
ISOLEUCINA	9.3	2.18
LEUCINA	19.1	3.56
LISINA	10.3	2.71

METIONINA	2.1	0.67
TREONINA	7.8	1.97
TRIPTÓFANO	1.8	0.57
VALINA	10.3	2.97

- La producción de estos insectos como fuentes de proteína y energía, tiene varias ventajas dentro de ellas: se desarrollan a gran velocidad, pueden ser producidos en cualquier sitio, son ambientalmente sostenibles y pueden emplearse de forma segura en la alimentación animal.

Referencias Bibliográficas

- Adámková, A.; Mlček, J.; Kouřimská, L.; Borkovcová, M.; Bušina, T.; Adámek, M.; Bednářová, M.; Krajsa, J. (2017) Nutritional Potential of Selected Insect Species Reared on the Island of Sumatra. *Int. J. Environ. Res. Public Health*
- Arnold van Huis (2013) . Annual Review of Entomology. Disponible:
<https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Arellano D y Velásquez S, (2017), Manual de cría de invertebrados para alimentación complementaria, Gobierno Bolivariano de Venezuela.
- Ballitoc, D. A., & Sun, S. (2013). Ground Yellow Mealworms (*T. molitor* L.) Feed Supplementation Improves Growth Performance and Carcass Yield Characteristics in Broilers. Open Science Repository Agriculture, Online (open-access), e23050425. Disponible:10.7392/openaccess.23050425
- Bañón S., Ortuño J., Theodoridou K., (2019). Insectos para la alimentación animal: una solución de futuro al déficit de proteína en la cadena alimentaria europea. Eurocarne: La revista del sector cárnico, 278, 121-131.
- Bartosz KieroÅ„czyk, Mateusz Rawski, Agata JÅ³zefiak, Jan Mazurkiewicz, Sylwester ÅšwiÅ„tkiewicz, Maria Siwek, Marek Bednarczyk, MaÅ„gorzata Szumacher-Strabel, Adam CieÅ„lak, Abdelbasset Benzertiha, Damian JÅ³zefiak (2018). Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. Animal Feed Science and Technology, Volume 240, Pages 170-183. Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.04.002>.

- Benzertiha, B. KieroÅ„czyk, P. KoÅ„dziejski, E. PruszyÅ„ska“OszmaÅ„ek, M. Rawski, D. JÅ³zefiak, A. JÅ³zefiak (2020). *T. molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits, *Poultry Science*, Volume 99. Disponible: <https://doi.org/10.3382/ps/pez450>.
- Biasato, I., De Marco, M., Rotolo, L., Renna, M., Lussiana, C., Dabbou, S. Schiavone, A. (2016). *Effects of dietary T. molitor meal inclusion in free-range chickens* (Vol. 100).
- Biasato, L. Gasco, M. De Marco, M. Renna, L. Rotolo, S. Dabbou, M. T. Capucchio, E. Biasibetti, M. Tarantola, L. Sterpone, L. Cavallarini, F. Gai, L. Pozzo, S. Bergagna D. Dezzutto, I. Zoccarato, A. Schiavone (2018). Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. Disponible: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex308>
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G. A. B., & Hendriks, W. H. (2014). *Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. Journal of Nutritional Science*, 3. Disponible: 10.1017/jns.2014.23
- Bovera, F., G. Piccolo, L. Gasco, S. Marono, R. Loponte, G. Vassalotti, V. Mastellone, P. Lombardi, Y. A. Attia, and A. Nizza. 2015. Yellow mealworms larvae (*T. molitor* L.) as protein source for broilers: Effects on growth performance and blood profiles. *Br. Poult. Sci.* 56:569–575.
- Bovera F, Loponte R, Marono S, et al. Use of larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits.

- Journal of Animal Science. 2016 Feb;94(2):639-647. Disponible:
<https://doi.org/10.2527/jas.2015-9201>.
- De Marco, M., Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Schiavone, A. (2015). Nutritional value of two insect larval meals (*T. molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 211-218. Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006>
- Dossey, A., Morales-Ramos, J. and Rojas, M., 2016. *Insects As Sustainable Food Ingredients*. p.31, 81, 83,155,166,172.
- FAO. Edible insects: future prospects for food and feed security. Roma, Italia: FAO Forestry paper; 2013. p. 171
- Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(3), 269–285. Disponible:
[10.1002/zoo.10031](https://doi.org/10.1002/zoo.10031)
- Grau, T., Vilcinskas, A., & Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 72(9-10), 337–349. Disponible:
<https://doi.org/10.1515/znc-2017-0033>
- Hussain, I., Sarzamin, K., Asad, S., Naila, C., Rafiullah, K., Waqas, A., Naseer, A., (2017). Mealworm (*T. molitor*) as potential alternative source of protein supplementation in broiler. *International Journal Biological Science*.

Disponible: <http://www.innspub.net/wp-content/uploads/2017/05/IJB-V10No4-p255-262.pdf>

Khan, S., Khan, R. U., Alam, W., & Sultan, A. (2017). Evaluating the nutritive profile of three insect meals and their effects to replace soya bean in broiler diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(2), e662–e668. Disponible: 10.1111/jpn.12809

Lon Wo E. Estrategia de alimentación para las aves bajo condiciones extremas de producción. En: Seminario científico internacional.(30º: 1995:La Habana). Memorias del XXX Seminario Científico Internacional. La Habana: Instituto de Ciencia Animal, 1995. p 138 – 141

Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>

Manirul Islam, Chul-Ju Yang. (2017) Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenged orally with Salmonella and E. coli infection in broiler chicks, *Poultry Science*, Volume 96, Pages 27-34. Disponible: <https://doi.org/10.3382/ps/pew220>.

NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9 rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC

Oonincx, D., Dierenfeld, E., (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biol*. 31 (1), 40–54.

Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., Abbasi, S.A., 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 15 (9), 4357–4360.

- PROteINSECT. (2016) Insect protein: Feed for the future. Addressing the need for feeds of the future today. White paper. Disponible: http://www.proteinsect.eu/fileadmin/user_upload/press/proteinsect-whitepaper-2016.pdf. [Acceso: Agosto 21,2020].
- Rafael Ribeiro Soares Araújo, Tatiana Aparecida Ribeiro dos Santos Benfica, Vany Perpetua Ferraz, Eleonice Moreira Santos. (2019) Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 76. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>.
- Ramos y Pino, J. (2001) Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.Oa?id=47545506>
- Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., & Pino, J. M. (2002). *Use of T. molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. Journal of Economic Entomology, 95(1), 214–220*. Disponible:10.1603/0022-0493-95.1.214
- Ravindran, V. (2013). Alimentos alternativos para su uso en formulaciones de alimentos para aves de corral. Revisión del desarrollo avícola (FAO), 76-81.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). *Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Molecular Nutrition & Food Research, 57(5), 802–823*. Disponible:10.1002/mnfr.201200735
- Samuel Imathiu (2020) Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects,NFS Journal,Volume 18,Pages 1-11. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235236461930046X>

- Sosa, D.A.T., Fogliano V., 2017. Potential of insect-derived ingredients for food applications. In: *Insect Physiology and Ecology*, ed. Shields, V.D.C., InTECH, Disponible: 10.5772/67318
- Soto, H. (2003). Gusanos de la harina (Larvas de *tenebrio molitor*). Disponible: http://www.ornitouy.com/Gusanos_del_harina.pdf
- SCHULTE, R. (1995) Manual del manejo de *Zophobas morio* (COLEOPTERA: Tenebrionidae) en climas tropicales húmedos. Separata del INIBICO producida e distribuida durante el Segundo Congreso Internacional de Manejo de la Fauna Silvestre Amazónica por Cortesía de la Universidad Nacional de la Amazonía (UNAP).
- Van Huis, A. (2013). Potencial of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Ver. Entomol.* 58: 121-130
- Veldkamp, T. and Bosch, G., (2015) Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Anim. Front.* 5, 45–50.
- Wu, R. A., Ding, Q., Yin, L., Chi, X., Sun, N., He, R., ... Li, Z. (2020). Comparison of the nutritional value of mysore thorn borer (*Anoplophora chinensis*) and mealworm larva (*Tenebrio molitor*): Amino acid, fatty acid, and element profiles. *Food Chemistry*, 126818. Disponible: 10.1016/j.foodchem.2020.126818.
- Zahra Shariat Zadeh, Farshid Kheiri, Mostafa Faghani. (2019) Use of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as a protein source on growth performance, carcass traits, meat quality and intestinal morphology of Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Veterinary and Animal Science*. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100066>.
- <https://www.agrologica.es/informacion-plaga/gusano-harina-escarabajo-molinero-tenebrio-molitor>

<http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2012/FTBM/977-980.pdf>