

MANUAL

CRÍA DEL GUSANO DE LA HARINA (*Tenebrio molitor* L.) PARA PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA

GOBIERNO DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

GOBIERNO DEL
ECUADOR

Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias



PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
Daniel Noboa Azín

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y PRODUCTIVO
Sariha Moya

DIRECTOR EJECUTIVO DEL INIAP
Raúl Jaramillo Velasteguí

AUTORES
Henry Eduardo Vacacela Ajila, Christian Andrés Pilco Quispe, José Bernardo Navarrete Cedeño, David Adrián Hidalgo Mata, Judith Jaqueline Zapata Vela, Juan Pablo Garzón Prado, Carmen Isabel Castillo Carrillo

COMITÉ DE PUBLICACIONES
Cristhian Fabián Sagbay Díaz
Graciela del Rocío Sanmartín Mesías
Carlos Alberto Jiménez Merino

CITA DEL DOCUMENTO
Vacacela H., Pilco C., Navarrete J., Hidalgo D., Zapata J., Garzón J., Castillo C. (2026) Manual cría del gusano de la harina (*Tenebrio molitor* L.) para producción de proteína. Manual Técnico Nro. 142. Gualaceo (Ecuador). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. 23 p.

FOTOGRAFIAS
Henry E. Vacacela y Christian A. Pilco Quispe

DISEÑO
Unidad Comunicación Social

ISBN
978-9942-22-633-4

DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

GOBIERNO DEL ECUADOR

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Presentación

El manual de cría de insectos para la producción de proteína, en este caso para la cría del gusano de la harina ***Tenebrio molitor***, resume información bibliográfica y experiencias del personal técnico y científico del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). ***T. molitor*** es un escarabajo mundialmente reconocido como fuente de proteína de alta calidad utilizada para consumo humano y animal.

El incremento demográfico, la urbanización y la demanda mundial por alimentos ejercen presión en la producción agropecuaria de proteína. Los sistemas de producción de alimentos actuales no son sostenibles en atención a esta demanda creciente, por lo que es necesario utilizar fuentes alternativas.

La cría de este insecto constituye una de las principales soluciones para el problema alimentario mundial por ser una fuente de alimento sustentable, que optimiza todos los recursos durante su producción. Tiene un bajo impacto ambiental ya que genera bajos niveles de emisión de gases de efecto invernadero, optimiza la cantidad de agua, ocupa espacios reducidos, genera menos desperdicios, entre otros beneficios que superan a cualquier otra producción de proteína.

Este manual es de acceso abierto y sin fines de lucro, está al alcance de científicos, técnicos y productores que deseen conocer la metodología de cría de ***T. molitor***. Se ofrece información práctica sobre su ciclo de vida, estadios de desarrollo y sus diferentes usos.

Este manual busca guiar a los interesados en la cría de insectos destinados a la producción de proteína.

Tabla de contenidos

1.	Introducción	6
2.	Aspectos generales	7
3.	Biología y ciclo de vida	7
3.1.	Huevos	8
3.2.	Larvas	9
3.3.	Pupa	9
3.4.	Adultos	10
4.	Cría de Tenebrio molitor	11
4.1.	Cría de insectos adultos	11
4.2.	Cría de larvas	12
4.3.	Alimentación de larvas	13
5.	Factores Ambientales	14
5.1.	Temperatura	14
5.2.	Humedad	15
5.3.	Fotoperiodo	15
6.	Principales usos de las larvas y subproductos	15
6.1.	Consumo Humano	15
6.2.	Consumo Animal	16
6.2.1.	Aves	16
6.2.2.	Peces	17
6.3.	Aceite de larvas del gusano de la harina	17
6.4.	Biofertilizante generado por las excretas	17
6.5.	La quitina	18
7.	Referencias	19

1. Introducción

Desde hace cientos de años, los insectos han sido consumidos en diferentes partes del mundo (Bodenheimer, 1951). Algunos reportes indican que los insectos que consumían las personas primitivas eran principalmente las langostas, o también conocidos como saltamontes (Bodenheimer, 1951). En los últimos años alrededor del mundo, los insectos han cobrado mucha importancia ya que constituyen una fuente de alimento sustentable, tanto para la alimentación animal como humana (Rumbos et al., 2020; Sogari et al., 2019). Es así que, si consideramos su composición nutricional, los insectos pueden satisfacer las demandas alimentarias de varias especies de animales debido a su composición y aceptación, y, por lo tanto, pueden ser considerados dentro de su dieta (Bodenheimer, 1951; Rumbos et al., 2020; Sogari et al., 2019, van Huis et al., 2013; Veldkamp y Bosch, 2015; Ramos-Elorduy et al., 2002; Schiavone et al., 2017).

Otro aspecto importante de los insectos, es que su producción a gran escala tiene un bajo impacto ambiental, debido principalmente a los bajos niveles de emisión de gases de efecto invernadero, espacios reducidos para la producción de proteína, requiere un consumo reducido de agua, alta eficiencia de conversión alimenticia, entre otros (Sánchez-Muros et al., 2014; van Huis y Oonincx, 2017).

Algunos insectos han sido estudiados con el fin de ser usados para la producción a gran escala, debido principalmente a su alta capacidad reproductiva y facilidad para su cría. Dentro de ellos las especies más destacadas son: la mosca soldado *Hermetia illucens* L (Schiavone et al., 2017), el gusano de la harina *Tenebrio molitor* L. (Ravzanaadii et al., 2012) y la mosca doméstica Musca domestica L. (Hussein et al., 2017). En lo que respecta a *T. molitor*, este insecto constituye una las principales plagas de productos almacenados, principalmente granos y productos como harinas, salvados y pastas (Robinson, 2005; van Peer et al., 2021; Ribeiro et al., 2018; Makkar et al., 2014). Las larvas de *T. molitor* son altamente nutritivas, contienen altos contenidos de proteína cruda y lípidos: 47.2 – 60.3 % y 31.1. – 43.1 %, respectivamente (Makkar et al., 2014), por lo que en la actualidad muchas personas se dedican a su producción como una fuente de alimento para humanos y animales, incluido peces (Joensuu y Silvenius, 2017; Ravzanaadii et al., 2012; Veldkamp y Bosch, 2015). Adicionalmente, los subproductos como son las excretas de este insecto pueden ser usadas como una alternativa parcial o total de los fertilizantes sintéticos, además de mejorar la actividad metabólica microbiana del suelo (Houben et al., 2020; Zunzunegui et al., 2024).

En el caso del Ecuador, el número de trabajos de investigación relacionados al insecto *T. molitor* son limitados. La mayoría de éstos reposan como documentos académicos (tesis de grado) y un número muy reducido de publicaciones científicas (Flores Ruíz y Jácome Argoti, 2025; Intriago Sánchez y Valencia Burgos, 2014; Morejon et al., 2025; Rendón Alvarado, 2026; Saray, 2023). Los temas de investigación, corresponden a temáticas como: estudio sobre la capacidad degradadora de *T. molitor*, uso de T. molitor para la cría de alevines de peces, valor nutricional de larvas de *T. molitor*, procesos industriales (pastas) con harina de *T. molitor*.

2. Aspectos generales

La familia Tenebrionidae a la cual pertenece *T. molitor*, está considerada como uno de los grupos más grandes dentro del reino animal, con un aproximado de 20000 especies descritas (Slipinski et al., 2011). Algunas especies dentro de este grupo son consideradas plagas de importancia económica, especialmente de productos almacenados (Watt, 1974; Ribeiro et al., 2018). El gusano de la harina es autóctono de Europa, sin embargo, en la actualidad podemos encontrarlos en diversas regiones del mundo (Makkar et al., 2014).

En lo que corresponde al contenido nutricional de *T. molitor*, este varía conforme a los diferentes estadios del insecto (**Tabla 1**).

Tabla 1. Contenido proximal de *Tenebrio molitor*: larva, adulto, exuvia, excretas (porcentaje base seca).

Componente	Larva	Adulto	Exuvia	Excrementos
Humedad	5.33	3.54	13.02	12.2
Proteína cruda	46.44	63.34	32.87	18.51
Grasa bruta	32.7	7.59	3.59	1.3
Fibra cruda	4.58	19.96	25.96	13.66
Ceniza	2.86	3.56	3.22	7.29

Fuente. (Ravzanaadii et al. 2012)

3. Biología y ciclo de vida

El gusano de la harina *T. molitor*, es un insecto de metamorfosis completa (holometábolo) (**Fig. 1**), es decir, pasa por los siguientes estadios: huevo, larva, pupa y adulto (Makkar et al., 2014). En lo que respecta al ciclo de vida de *T. molitor*, este es muy variable, oscilando entre 280 a 630 días y está directamente influenciado por la temperatura, humedad, dieta y tamaño de la población (Makkar et al., 2014; Zunzunegui et al., 2024).

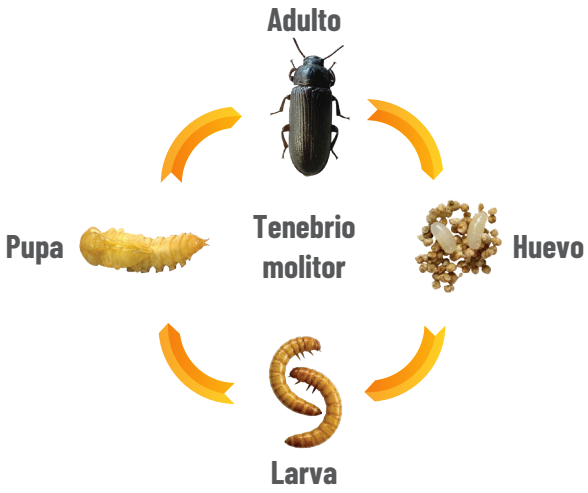


Figura 1. Esquema del ciclo de vida del gusano de la harina (adulto, huevo, larva, pupa)

3.1. Huevos

Una vez ocurrida la cópula, las hembras tardan aproximadamente 11 días para iniciar la oviposición (Damborsky et al., 2000). Los huevos miden de 1.7 a 1.8 mm de largo por 0.6 a 0.7 mm de ancho. Las hembras colocan los huevos de forma individual o en grupos recubiertos por una sustancia pegajosa (Zunzunegui et al., 2024). En promedio cada hembra puede ovipositar de 250 a 500 huevos adheridos al sustrato, paredes o en la base de los recipientes de cría (Fig. 2 y 3) (Ghaly y Alkoaik, 2009; Hill, 2002). Los huevos eclosionan entre cuatro días a una semana si mantienen una temperatura de 27 a 31 °C. Sin embargo, a una temperatura más baja (18 - 21 oC) este proceso puede tardar hasta 19 días (Cotton 1927).



Figura 2. Oviposturas de *Tenebrio molitor*.



Figura 3. Oviposturas de *Tenebrio molitor* en recipiente de cría.

3.2. Larvas

Las larvas de *T. molitor* inicialmente poseen un color blanquecino pálido, el cual va a cambiar a amarillo-marrón conforme avanza el desarrollo del insecto (Zunzunegui et al., 2024; Makkar et al., 2014). El número de mudas por las que atraviesa este insecto es variable, se ha registrado un mínimo de nueve mudas para este insecto y un máximo de 20 mudas, en todo el periodo larval (Cotton, 1927). Además, una vez que las larvas han alcanzado su máximo desarrollo, estas pueden llegar a medir de 2 a 3 cm y su peso varía de 130 a 160 mg (Makkar et al., 2014).

Adicionalmente, un estudio demuestra que al utilizar la hormona juvenil en *T. molitor*, se puede evitar que las larvas alcancen la fase adulta, lo que trae como resultado gusanos de la harina gigantes, que pueden alcanzar un tamaño superior a 2 cm y pesar más de 300 mg (Finke, 2002).

Cuando las larvas han alcanzado su último estadio, es decir, están próximas a convertirse en pupa, estas entran en un breve período de latencia en el que adoptan la forma de una "C" (**Fig. 4**) (Hill, 2002).



Figura 4. Larva de último estadio de Tenebrio molitor adoptando la forma de "C".

3.3. Pupa

La siguiente etapa, catalogada como pupa, tiene una duración de 6 a 14 días, la cual va a depender de la temperatura a la cual están expuestos los insectos durante esta fase de desarrollo (Kim et al., 2015). Las pupas son de color marrón claro y tienen una longitud de 1 cm (**Fig. 5**), poseen una constitución blanda y son inmóviles. Esto representa una desventaja ya que pueden ser fácilmente depredadas por las larvas (Ghaly y Alkoaik, 2009). En zonas altas (3000 msnm) y temperaturas promedio de 14 °C, la transición de pupa a adulto toma un promedio de 18 días.



Figura 5. Pupa de *Tenebrio molitor*.

3.4. Adultos

Los adultos de *T. molitor* recién emergidos poseen una coloración blanquecina y son muy frágiles (exoesqueleto blando). Conforme transcurre el tiempo, el cuerpo de los insectos se va oscureciendo y endureciendo (**Fig. 6**) (Zunzunegui et al., 2024; Ribeiro et al., 2018). Estos insectos miden aproximadamente de 1.5 a 1.8 cm de largo y pueden vivir entre 16 y 173 días (Zunzunegui et al., 2024). El apareamiento ocurre a los pocos días después de la emergencia de los adultos y el periodo de preoviposición oscila entre una y tres semanas (Cotton, 1927).



Figura 6. Oscurecimiento y endurecimiento de adultos de *Tenebrio molitor*.

4. Cría de *Tenebrio molitor*

4.1. Cría de insectos adultos

Para la cría de insectos adultos de *T. molitor* se pueden utilizar recipientes plásticos de distinto tamaño, esto va a depender de la disponibilidad y los objetivos de producción, ya sea a escala artesanal o industrial. Se pueden utilizar bandejas de 52 cm de largo x 37.5 cm de ancho x 7 cm de alto. Se pueden emplear recipientes plásticos con altura entre 7 - 10 cm ya que estos insectos no vuelan, y por tanto no se escapan. Se recomienda colocar alguna estructura que sirva como refugio ya que estos insectos tienen preferencia por lugares oscuros, por ejemplo, cubetas de huevos (**Fig. 7**).

Dentro de los recipientes se coloca aproximadamente de uno a 3 kg de sustrato (salvado de trigo) el cual servirá como alimento para los insectos adultos y como sitio de oviposición. La cantidad de sustrato dependerá del tamaño del recipiente que se utilice, pero se recomienda colocar sustrato hasta conseguir una capa de aproximadamente 3 cm de ancho. En este sustrato se liberan los insectos adultos y se dejan por una semana para que ovipongan, es muy común encontrar huevos colocados en la superficie de los recipientes y en el sustrato. Se recomienda colocar aproximadamente un adulto por centímetro cuadrado para poder obtener una adecuada sobrevivencia de la población y producción (Ribeiro et al., 2018). Así mismo, periódicamente se debe suministrar a los insectos adultos fuentes de agua a través de la dotación de vegetales como zanahoria, papa, zucchini, col, etc (**Fig. 8**).



Figura 7. Cría adultos de *Tenebrio molitor*.



Figura 8. Vegetales suministrados a adultos de *Tenebrio molitor*.

4.2. Cría de larvas

Una vez que las hembras hayan ovipositado (una semana), se deben separar los adultos y colocarlos en nuevas bandejas para que continúen con el proceso de oviposición. Por otro lado, las bandejas que contienen los huevos, deben ser acondicionadas en lugares adecuados para que continúen con el proceso de desarrollo (**Fig. 9**).



Figura 9. Cría del gusano de la harina *Tenebrio molitor*.

Una vez que las larvas hayan alcanzado su máximo tamaño de desarrollo (2 - 2.5 cm de largo) el cual ocurrirá probablemente entre los 3 - 4 meses después de iniciada la cría, éstas comenzarán a pasar a estado de crisálida "**pupa**". En ese momento, es necesario de forma periódica, separar las pupas de las bandejas de las larvas, ya que debido a que las pupas tienen poca movilidad, éstas pueden ser fácilmente depredadas por las larvas.

Las pupas que se obtengan de cada una de las bandejas deberán ser acondicionadas en nuevas bandejas hasta la emergencia de los adultos. En las bandejas de pupas, se deberá colocar una fuente de humedad (recipiente pequeño con algodón humedecido) y estas se las puede cubrir con papel toalla (**Fig. 10**).

Una vez que ocurra la emergencia de los adultos, la cual toma un periodo aproximado de 8 - 12 días, estos deberán ser separados y adecuados en nuevas bandejas de adultos o para reponer insectos adultos de las bandejas antiguas (**Fig. 10**).



Figura 10. Separación de los diferentes estadios de desarrollo del insecto en diferentes bandejas. (A) Adultos. (B) Pupas. (C) Larvas.

Hay que tomar en consideración que se deben realizar limpiezas periódicas de las excretas de las bandejas de las larvas con el fin de evitar contaminaciones de las crías debido al aparecimiento de microorganismos. Conforme avanza el estado de desarrollo de las larvas se comenzará a evidenciar mayor cantidad de excretas en las bandejas de cría.

4.3. Alimentación de larvas

En la dieta de las larvas del gusano de la harina *T. molitor* se puede utilizar o estar compuesta únicamente de salvado de trigo puesto que contiene los nutrientes necesarios para su desarrollo. Sin embargo, es necesario la suplementación con otras fuentes de alimento como vegetales y frutas, que además de alimentar proporcionarán agua a los insectos, como se muestra en la **figura 11** (Morales-Ramos et al., 2010; Ribeiro et al., 2018).

Las larvas de *T. molitor* pueden aprovechar la poca agua que contiene el sustrato (salvado) y sobrevivir bajo condiciones extremadamente secas por largos periodos de tiempo. El desarrollo de las larvas es más rápido bajo condiciones de humedad sobre el 70%. Por consiguiente, los nutrientes y humedad que se le puedan aportar a las larvas de *T. molitor* a través de las diferentes dietas, van a desempeñar un papel importante en el ciclo de vida del insecto, como tiempo de desarrollo, fertilidad, número de instares, sobrevivencia y oviposición (Ribeiro et al., 2018; Morales-Ramos et al., 2010; 2013). Adicionalmente, hay que tener en consideración que un exceso de humedad favorece la proliferación de microorganismos no deseados como hongos y bacterias. Por ello, es necesario realizar limpiezas periódicas de las bandejas para eliminar desechos vegetales en estado de descomposición. Y, también debido al exceso de humedad y residuos, es probable que puedan aparecer ácaros del género *Tyrophagus* (Acari: Acaridae) los cuales, a pesar de no causar problemas a las bandejas de cría del insecto, pueden provocar alergias las personas que manipulan los insectos.



Figura 11. Larvas de *Tenebrio molitor* alimentándose de zanahoria.

5. Factores Ambientales

5.1. Temperatura

La temperatura debe ser controlada, ya que determina el número o cantidad de crías y también influye en la determinación del sexo. Las bajas temperaturas retrasan su ciclo de vida y también provocan que algunos tenebrios mueran durante sus diferentes etapas (Arana, 2018).

Las temperaturas que se utilizan habitualmente para criar gusanos de la harina son de 25 a 28 °C (Kim et al., 2015) con un mínimo absoluto de 10 °C (Punzo y Mutchmor, 1980) y un máximo de 35 °C (Martin et al., 1976). Las temperaturas <17 °C inhiben el desarrollo embrionario y las temperaturas >30 °C aumentan las tasas de mortalidad (Koo et al., 2013).

5.2. Humedad

La respuesta del desarrollo de los gusanos de la harina a la humedad relativa tuvo valores óptimos que variaron entre 60% y 75% (Manojlovic, 1987). La tasa de crecimiento de las larvas de *T. molitor* depende en gran medida de la humedad. Las tasas de crecimiento más altas se dan con una humedad relativa de 90 a 100% (Hardouin y Mahoux, 2003).

5.3. Fotoperiodo

Los gusanos de la harina son fototrópicos y fototácticos negativos (Balfour y Carmichael, 1928). Los adultos y las larvas más grandes se ubican debajo de la superficie del sustrato durante el día y salen a la superficie en la oscuridad. Aunque el fotoperíodo influye en el crecimiento y desarrollo de los gusanos de la harina (Tyshchenko y Ba, 1986), la respuesta al fotoperíodo tiende a desaparecer en condiciones constantes, cuando *T. molitor* se vuelve arrítmico (Cloudsley, 1953).

6. Principales usos de las larvas y subproductos

6.1. Consumo humano

Las larvas de *T. molitor* aportan hasta un 62% de proteína y se considera un inicio perfecto para la entomofagia por su delicado sabor. Tienen un ligero sabor a avellana y cocidos adquieren fácilmente el sabor de los alimentos complementarios, también se venden fritos o deshidratados, la textura crujiente que es la ideal para consumir en forma de snack, también se pueden agregar a batidos como fuente de proteína (**Fig.12**).



Figura 12. Larvas de *Tenebrio molitor* fritos.

6.2. Consumo animal

6.2.1. Aves

La harina de larvas de *T. molitor* puede ser utilizada en dietas para pollos de engorde en crecimiento como principal fuente de proteína. Un estudio muestra que no se encontraron diferencias en parámetros como crecimiento, rasgos de la carcasa y propiedades químicas y físicas de la carne de pollos alimentados con harina de larvas de *T. molitor* y soya (Bovera et al., 2016). Incluso, los pollos alimentados con la dieta a base de insectos obtuvieron una longitud y peso intestinal mayor con respecto a los pollos alimentados con soya, lo cual puede ser consecuencia de la quitina, la cual reduce la digestibilidad de los nutrientes y actúa como prebiótico (Bovera et al., 2016).

6.2.2. Peces

En la acuicultura, la proteína a base de insectos puede ser usada de forma parcial o total, reemplazando el uso de una dieta a base de harina de pescado o soya. Así por ejemplo Sánchez-Muros et al. (2016) demostró que no encontró diferencias en el consumo de alimento, digestibilidad in vitro de proteínas, composición de aminoácidos del músculo ni en los índices biométricos de tilapias alimentadas con proteína a base de insectos (*T. molitor*) vs una dieta a base de harina de pescado y soya.

6.3. Aceite de larvas del gusano de la harina

Los ácidos grasos del aceite obtenido a partir de las larvas de T. molitor, se destacan por contener ácidos grasos como: el ácido oleico (44.5%) y el ácido linoleico (19.5%), por lo cual, podrían utilizarse como un nuevo ingrediente en la alimentación humana (Son et al., 2020). Incluso, en general las propiedades físico-químicas del aceite del gusano de la harina son muy similares a las del aceite vegetal. Pero, el aceite de *T. molitor* se destaca por poseer nutrientes bioactivos, como el γ-tocoferol (Son et al., 2020).

6.4. Biofertilizante generado por las excretas

Los excrementos de los insectos representan un buen aporte de nutrientes para las plantas. En el caso de *T. molitor*, sus excrementos poseen concentraciones de N, P, K muy similares a las que podemos encontrar en un estiércol de aves (Houben et al., 2020). Además, también se ha demostrado que el excremento de este insecto contiene pequeñas concentraciones de micronutrientes como: Cu. Zn, lo que resulta aún más beneficioso para los cultivos (Houben et al., 2020). Por lo tanto, la aplicación de este biofertilizante, va a estimular la actividad microbiana del suelo, lo cual fomenta el crecimiento y productividad de las plantas, y, además contribuye con el estrés abiótico y biótico (Houben et al., 2020; Zunzunegui et al., 2024).

Para colectar el abono del insecto se debe realizar el tamizado de los sustratos de las bandejas con el uso de equipos de protección, separando las larvas, residuos de materia orgánica de mayor tamaño en otra bandeja de plástico, dejando como resultado final el biofertilizante (**Fig.13** y **14**).



Figura 13. Cosecha del abono orgánico. (A) Separación (tamizado) de larvas del abono orgánico. (B) Bandeja con abono orgánico y larvas (separado).

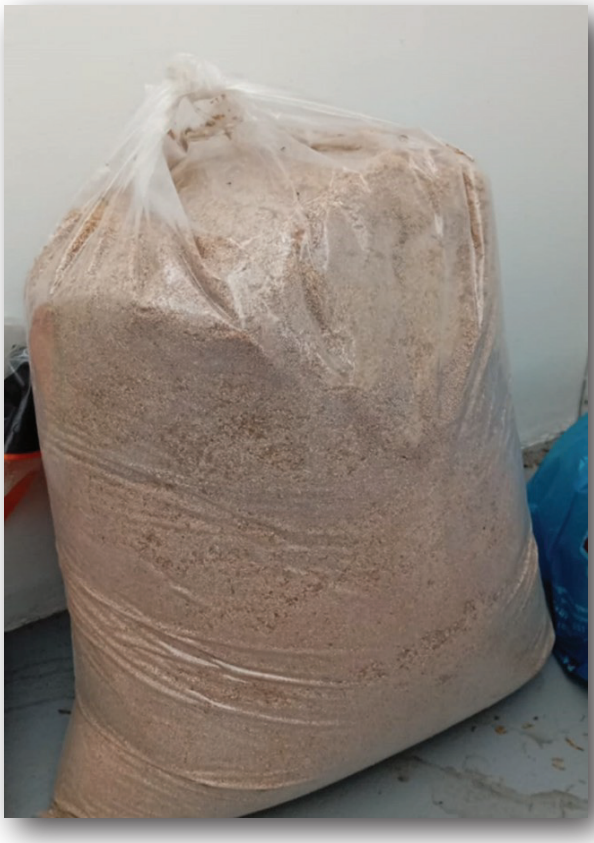


Figura 14. Abono orgánico a partir de excremento del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*).

Cuando se aplica de forma directa en cultivos, se ha observado que este biofertilizante puede contribuir en la mejora de algunas características agronómicas. Por ejemplo, en el cultivo de tomate se han observado mejoras en el aumento del diámetro de las plantas, biomasa fresca y seca, fotosíntesis y eficiencia en el uso del agua (Gondim et al., 2025).

6.5. La quitina

Como es de conocimiento general, el exoesqueleto de los insectos contiene quitina, el cual es un biopolímero estructural que puede usarse para diferentes fines. En las bandejas de cría del insecto T. molitor se puede encontrar una cantidad muy alta de este biopolímero (exuvias), esto debido a que dentro de cada bandeja ocurre todo el desarrollo de las etapas larvarias del insecto.

Con respecto a los usos, específicamente en el sector agrícola se conoce que este compuesto y sus derivados pueden contribuir en el rendimiento de los cultivos (Sharp, 2013). Sin embargo, a más de los beneficios directos para las plantas, se conoce que la quitina y sus derivados pueden tener efectos negativos para las plagas y patógenos, inducir mecanismos de defensa y mejorar la actividad microbiana benéfica (Sharp, 2013).

7. Referencias

Arana, E. (2018). Manejo en cautiverio de *Tenebrio molitor* usando cinco tipos de harina. División de ciencias e ingeniería, 4-29.

Balfour, C. and L. Carmichael. (1928). The light reactions of the mealworm (*Tenebrio molitor* Linn). Am. J. Psychol. 40: 576–584.

Bodenheimer, F. S. (1951). "Insects as Human Food." In Insects as Human Food: A Chapter of the Ecology of Man, edited by F. S. Bodenheimer, 7–38. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-6159-8_1.

Bovera, F., Loponte, R., Marono, S., Piccolo, G., Parisi, G., Laconisi, V., Gasco, L., Nizza, A. (2016). Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits J Anim Sci; 94(2): 639–647. https://doi.org/10.2527/jas.2015-9201.

Cloudsley-Thompson, J. (1953). Studies in diurnal rhythms. IV. Photoperiodism and geotaxis in *Tenebrio molitor* L (Coleoptera: Tenebrionidae). Proc. R. Entomol. Soc. London A 28: 117–131

Cotton, R. (1927). Notes on the biology of the mealworms *Tenebrio molitor* L. and T. obscurus Fab. Ann. Entomol. Soc. Am. 20: 81–86. doi: 10.1093/aesa/20.1.81.

Damborsky, M., Bar, P., and Oscherov, M. (2000). Ciclo de vida de Tenebrio molitor (Coleoptera, Tenebrionidae) en condiciones experimentales. Comun. Cient. y Tecnol. UNNE 6: 35–38.

Finke, M. (2002). "Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores." Zoo Biology: Published in Affiliation with the American Zoo and Aquarium Association 21 (3): 269–85.

Ghaly, A. E., and F. N. Alkoaik. (2009). "The yellow mealworm as a novel source of protein." American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4 (4): 319–31.

Gondim, J. P. E., Pontes, N. de C., Saldanha, M. F. C., Andrade, C. A., & Bettiol, W. (2025). Yellow mealworm frass (*Tenebrio molitor*) as a biofertilizer for tomato plants. *Scientia Agricola*, 82, 2–10.

Hardouin, J. and G. Mahoux. (2003). Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. Bull. Semest. d'Information sur le Mini- Elevage. http://www.fastonline.org/CD3WD_40/LSTOCK/001/ITProv_May_2005/h4338f Zootehnied'insectes/begin.htm.

Hill, D. (2002). Pests: Class Insecta. Pp. 135–315. In Pests of Stored Foodstuffs and Their Control. Springer, Dordrecht, the Netherlands. doi: https://doi.org/10.1007/0-306-48131-6_14.

Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M., and Dulaurent, A. (2020). "Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties." Scientific Reports 10 (1): 4659. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x.

Hussein Mahmoud, Pillai, V., Goddard, J., Park, H., Kothapalli, K., Ross, D., Ketterings, Q., et al. (2017). "Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure." PLOS ONE 12 (2): e0171708. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708.

Joensuu, K., and F. Silvenius. (2017). "Production of mealworms for human consumption in Finland: A preliminary life cycle assessment." Journal of Insects as Food and Feed 3 (3): 211–16. https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0029.

Kim, S., Park, J., Lee, Y., Yoon, H., Lee, K., & Kim, N. (2015). Growth characteristics of mealworm *Tenebrio molitor*. Journal of Sericultural and Entomological Science, 53(1).

Koo, H., Kim, S., Oh, H., Kim, J., Choi, D., Kim, D. and Kim, I. (2013). Temperature-dependent development model of larvae of mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). Korean J. Appl. Entomol. 52: 387–394. doi: 10.5656/KSAE.2013.11.0. 066.

Makkar, H., 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. doi: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

Manojlovic, B. (1987). A contribution of the study of the influence of the feeding of imagos and of climatic factors on the dynamics of oviposition and on the embryonal development of yellow mealworm *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). Zasˇ tita bilja 38: 337– 348. doi: 10.7852/jses.2012.50.2.126.

Martin, R., Rivers, J., and Cowgill, U. (1976). Culturing mealworms as food for animals in captivity. Int. Zoo Yearb. 16: 63–70. doi: 10.1111/j.1748-1090.1976.tb00130.x.

Morales-Ramos, J., Rojas, M., Shapiro-Ilan, D., and Tedders, W. (2010). "Developmental Plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of Instar Variation in Number and development time under different diets." Journal of Entomological Science 45 (2): 75–90.

Morales-Ramos, J., Rojas, M., Shapiro-Ilan, D., and Tedders, W. (2013). "Use of nutrient self-selection as a diet refining tool in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)." Journal of Entomological Science 48 (3): 206–21. https://doi.org/10.18474/0749-8004-48.3.206.

Punzo, F. and Mutchmor, J. (1980). Effects of temperature, relative humidity and period of exposure on the survival capacity of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Kansas Entomol. Soc. 53: 260–270. doi: 10.2307/25084029.

Ramos-Elorduy, J., Avila, E., Rocha, A., and Pino, J. (2002). "Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens." Journal of Economic Entomology 95 (1): 214–20. https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.214.

Ravzanaadii, Nergui, Seong-Hyun Kim, Won-Ho Choi, Seong-Jin Hong, and Nam-Jung Kim. (2012). "Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source." International Journal of Industrial Entomology and Biomaterials 25 (1): 93–98.

Ribeiro, N., Abelho, M., and Costa, R. (2018). "A review of the scientific literature for optimal conditions for mass rearing *Tenebrio Molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)." Journal of Entomological Science 53 (4): 434–54. https://doi.org/10.18474/JES17-67.1.

Robinson, W. (2005). Urban insects and arachnids: A Handbook of Urban Entomology. Cambridge University Press: New York, NY, USA.

Rumbos, C., Karapanagiotidis, I., Mente, E., Psofakis, P., and Athanassiou, C. (2020). "Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*." Scientific Reports 10 (1): 11224. https://doi.org/10.1038/s41598-020-67363-1

Sánchez-Muros, M., de Haro, C., Sanz, A., Trenzado, C. E., Villareces, S., & Barroso, F. G. (2016). Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (Oreochromis niloticus) diet. Aquaculture Nutrition, 22(5), 943–955. https://doi.org/10.1111/anu.12313

Sánchez-Muros, M., Barroso, F., & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. Journal of Cleaner Production, 65, 16-27. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068

Schiavone, A., De Marco, M., Martínez, S., Dabbou, S., Renna, M., Madrid, J., Hernandez, F. et al. (2017). "Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility." Journal of Animal Science and Biotechnology 8 (1): 51. https://doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5.

Sharp, R. (2013). A review of the applications of chitin and its derivatives in agriculture to modify plant-microbial interactions and improve crop yields. Agronomy, 3: 757-793.

Slipinski, S., Leschen, R. and Lawrence, J. (2011). "Order Coleoptera Linnaeus, 1758. In: Zhang, Z.-Q.(Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-Level Classification and Survey of Taxonomic Richness." Zootaxa 3148 (1): 203–8.

Sogari, G., Amato, M., Biasato, I., Chiesa, S., and Gasco, L. (2019). "The Potential role of insects as feed: A multi-perspective review." Animals 9 (4). https://doi.org/10.3390/ani9040119.

Son, Y.-J., Choi, S. Y., Hwang, I.-K., Nho, C. W., & Kim, S. H. (2020). Could defatted mealworm (*Tenebrio molitor*) and mealworm oil be used as food ingredients? Foods, 9(1), 40. https://doi.org/10.3390/foods9010040

Tyshchenko, V. and Ba, A. (1986). Photoperiodic regulation of larval growth and pupation of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). Entomol. Rev. 65: 35–46.

van Huis, A., and Oonincx, D. (2017). "The environmental sustainability of insects as food and feed. A review." Agronomy for Sustainable Development 37 (5): 43. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8.

van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. y Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171. 201 pp.

van Peer, M., Frooninckx, L., Coudron, C., Berrens, S., Álvarez, C., Deruytter, D., Verheyen, G. y Van Miert, S. (2021). Valorisation potential of using organic side streams as feed for *Tenebrio molitor*, Acheta domesticus and Locusta migratoria. Insects, 12(796): 1-32.

Veldkamp, T., and Bosch, N. (2015). "Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets." Animal Frontiers 5 (2): 45–50.

Watt, J. (1974). "A Revised Subfamily Classification of Tenebrionidae (Coleoptera)." New Zealand Journal of Zoology 1 (4): 381–452. https://doi.org/10.1080/03014223.1974.9517846.

Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, O. and Poveda, J. (2024). "Analysis of yellow mealworm (*Tenebrio molitor)* frass as a resource for a sustainable agriculture in the current context of insect Farming Industry Growth." Journal of Cleaner Production 460 (July):142608. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142608.

ISBN: 978-9942-22-633-4



GOBIERNO DEL
ECUADOR

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

@iniapec @iniapecuador @iniapecuador

www.iniap.gob.ec