



MANUAL TÉCNICO

PARA LA PRODUCCIÓN
Y PROCESAMIENTO DE

Hermetia illucens
(MOSCA SOLDADO NEGRA)



CITA Centro Nacional de
Ciencia y Tecnología
de Alimentos



Créditos

Autores:

**Geilyn Milieth Arias-Leitón,
Ana María Quirós-Blanco e
Ileana Maricruz Bermúdez-Serrano**

Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica y Carrera de Ingeniería de Alimentos Sede de Guanacaste, Liberia, Costa Rica

Sergio Jansen-González

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Revisores:

Ariana Quirós Morera

Promotora de Comercio Exterior (PROCOMER).

Tabla de contenido

1.	Introducción	7
2.	Metodología	8
3.	Generalidades y ciclo de vida del insecto <i>Hermetia illucens</i>	9
4.	Producción primaria de <i>Hermetia illucens</i>	11
4.1	Establecimiento de una granja de <i>Hermetia illucens</i>	11
4.1.1	Infraestructura requerida	11
4.1.2	Jaulas	11
4.1.3	Alimentación	16
4.1.4	Nidos, escondites y ponederos	17
4.2	Principales variables a controlar durante la cría	18
4.2.1	Temperatura y humedad	18
4.2.2	Patógenos y enfermedades	18
4.2.3	Depredadores	19
4.2.4	Contaminantes químicos	19
4.3	Etapas de la producción primaria	20
4.3.1	Reproducción y crecimiento	20
4.3.2	Cosecha y recolección	21
4.3.3	Sacrificio	22
4.3.4	Almacenamiento y transporte	22
4.4	Gestión de la inocuidad y calidad durante la producción	22
4.5	Recomendaciones adicionales	23
5.	Procesamiento del insecto <i>Hermetia illucens</i>	24
5.1	Infraestructura requerida	24
5.2	Permisos regulatorios	27
5.3	Procesos de manufactura	31
5.3.1	Recibo de materia prima	31
5.3.2	Elaboración de larvas deshidratadas	32
5.3.3	Elaboración del polvo de insectos	34
5.3.4	Elaboración de aceite	37
5.3.5	Empaque y etiquetado	39
5.3.6	Almacenamiento y transporte	41
5.4	Composición nutricional y aplicaciones de los productos	42
5.4.1	Composición nutricional	42
5.4.2	Aplicaciones de los productos	44
5.5	Gestión de la inocuidad y calidad durante el procesamiento	44
5.5.1	Peligros químicos y biológicos	45
5.5.2	Manejo de residuos	46
6.	Consideraciones finales	46
7.	Agradecimientos	47
8.	Glosario	47
9.	Referencia	48



Tabla de figuras

Figura 1. Fases del ciclo de vida de <i>Hermetia illucens</i> . A, masa de huevos dejada por hembras entre ranuras de objetos. (modificada de Marcoadieter; bajo licencia Creative Commons). B, larva de primer instar, longitud aproximada: 3 mm. C, larva de segundo instar; longitud aproximada: 0,5 cm; D, larva de último instar, longitud aproximada: 1,5 cm. E, pupa, longitud aproximada: 2 cm	9
Figura 2. Imagen de ejemplo de encierro de cópula y oviposición mostrando sus partes.	12
Figura 3. Ilustración de ensamblaje de trampas de huevos basadas en tablillas de madera con chinches como espaciadores. Las tablillas se unen por medio de ligas o cuerdas y el espacio dejado entre tablillas es usado por las hembras de la MSN para poner huevos.	13
Figura 4. Ilustración de montaje de bandeja con atrayente y trampas de huevos.	13
Figura 5. Ejemplo de instalación básica de recipientes para crecimiento de larvas de MSN. A la izquierda, bandeja conteniendo caja con larvas y alimento. A la derecha, detalle de la caja abierta con larvas en el alimento y la caída de larvas de último estadio listas para entrar en estadio de pupa del cual emerge el adulto de las moscas.	15
Figura 6. Diagrama de proceso para la elaboración de larvas <i>H. illucens</i> deshidratados.	31
Figura 7. Larvas de <i>Hermetia illucens</i> deshidratadas.	32
Figura 8. Diagrama de proceso para la elaboración de polvo de larvas <i>H. illucens</i> .	33
Figura 9. Polvo de larva de <i>Hermetia illucens</i> .	35
Figura 10. Diagrama de proceso para la elaboración de aceite y polvo desengrasado de larvas <i>H. illucens</i> .	36
Figura 11. Aceite de larva de <i>Hermetia illucens</i> .	38

Tabla de cuadros

Cuadro I. Elementos clave para establecer y mantener el cultivo de <i>H. illucens</i> durante el proceso de apareamiento y postura.	11
Cuadro II. Requisitos de los componentes para las cámaras de incubación.	14
Cuadro III. Componentes base y complementarios que pueden utilizarse para alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i> .	16
Cuadro IV. Condiciones generales para la elaboración de productos a base de <i>Hermetia illucens</i> .	23
Cuadro V. Requisitos para el registro sanitario de productos de alimentación animal.	28
Cuadro VI. Requisitos para la recepción de larvas de <i>Hermetia illucens</i> .	30
Cuadro VII. Descripción de etapas del proceso de elaboración de larvas de <i>H. illucens</i> deshidratadas.	31
Cuadro VIII. Descripción de etapas del proceso de elaboración de polvo de larvas de <i>H. illucens</i> .	34
Cuadro IX. Descripción de etapas del proceso de elaboración de aceite y polvo desengrasado de larvas de <i>H. illucens</i> .	37
Cuadro X. Requisitos de etiquetado para alimentos para animales según el Reglamento N° 16899-MAG del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.	39
Cuadro XI. Composición química del polvo de larva <i>H. illucens</i> comparado con la harina de soya y pescado para alimentación animal.	41
Cuadro XII. Perfil de ácidos grasos del aceite de larva soldado negro en comparación al aceite de soya tradicional.	42
Cuadro XIII. Peligros físicos, químicos y biológicos en las larvas de <i>Hermetia illucens</i>	44

Introducción

A medida que la población mundial crece, la demanda de alimentos, especialmente de carne, se incrementa, duplicando la necesidad de fuentes de proteína para la alimentación animal (Chang et al., 2024; FAOSTAT, 2016). Las fuentes actuales, como las proteínas vegetales y las harinas de pescado son limitadas y costosas, lo que impulsa la búsqueda de alternativas sostenibles (Veldkamp y Bosch, 2015). Esta situación ha llevado a investigadores y productores a explorar nuevas fuentes de proteína que puedan satisfacer la creciente demanda de manera más eficiente y económica.

El uso de insectos para la alimentación animal ha ganado interés por su potencial para proporcionar proteínas y grasas de manera sostenible (Burrton et al., 2024; Sogari et al., 2019). La producción de insectos requiere menos espacio y recursos naturales que la ganadería tradicional y valoriza los desechos orgánicos, reduciendo vertederos y emisiones de gases de efecto invernadero (Romano et al., 2024; Govorushko, 2019). Esta práctica no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede resultar en productos más accesibles y económicos para los productores de alimentos para animales.

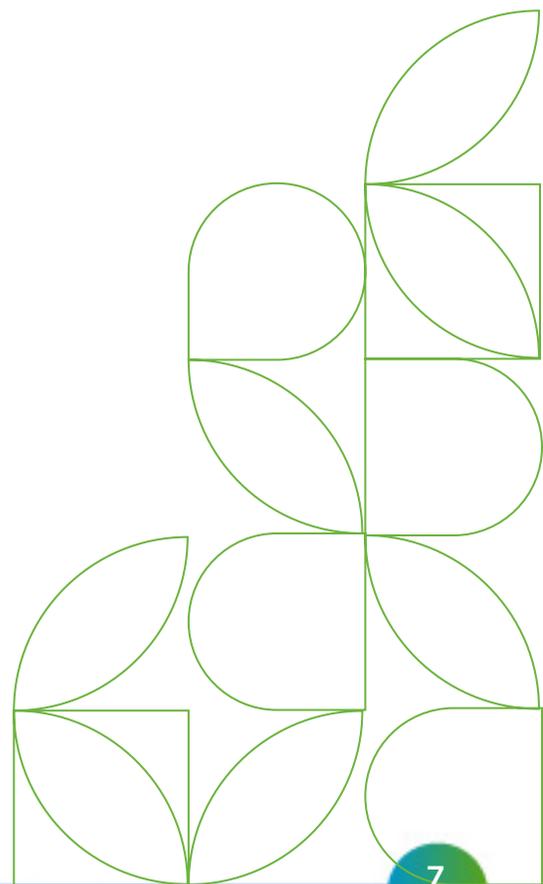
Las larvas de *Hermetia illucens*, conocidas también como mosca soldado negra (MSN), son especialmente atractivas para la alimentación animal debido a su rápido crecimiento, alto contenido de proteínas y lípidos, y capacidad para crecer en diversos desechos orgánicos (Romano et al., 2024). Estas larvas mejoran la salud animal en dietas de especies terrestres y acuáticas, y al utilizar desechos orgánicos como alimento, contribuyen a reducir residuos y abordar problemáticas ambientales (Romano et al., 2024).

En Costa Rica, al igual que en el resto del mundo, este insecto es la principal especie utilizada y reconocida para su uso en la alimentación animal. No obstante, la falta de información sobre su producción adaptada a las condiciones locales ha limitado su expansión en el país. Este manual busca abordar esta necesidad al proporcionar una guía técnica y práctica para establecer la cría y procesamiento de *Hermetia illucens* de manera eficiente, facilitando así una mayor apertura en el mercado nacional e internacional.

Metodología

Para la elaboración de este manual, se empleó una metodología integral que incluyó varias etapas clave. Se realizaron visitas a granjas nacionales especializadas en la cría de *Hermetia illucens*, permitiendo observar directamente las prácticas de manejo, producción y procesamiento. Además, se llevaron a cabo entrevistas con productores nacionales y extranjeros en América Latina, recopilando información sobre experiencias, desafíos y mejores prácticas en la producción de *Hermetia illucens*.

Se realizó una exhaustiva consulta bibliográfica, revisando manuales de cría, documentos técnicos y legislación relacionada con la producción y procesamiento de *Hermetia illucens*, tanto a nivel costarricense como internacional. También se investigaron publicaciones científicas recientes para evaluar las últimas tendencias e innovaciones en este campo. La información recopilada está adaptada al contexto costarricense, garantizando que las recomendaciones sean prácticas y efectivas para los productores locales.



3. Generalidades y ciclo de vida del insecto *Hermetia illucens*

La mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) es un insecto de la familia Stratiomyidae y del orden Diptera, conocido por sus larvas que se alimentan de materia orgánica en descomposición. Presenta una metamorfosis completa, pasando por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto.

En su ciclo de vida, el adulto emerge de la pupa y, tanto machos como hembras, poseen un par de alas y vuelan. Se congregan en el follaje para la cópula, en la que el macho fertiliza a la hembra. Posteriormente, la hembra busca un sustrato adecuado para que sus larvas se alimenten y deposita los huevos en ranuras o espacios ocultos cerca de este sustrato. Esta especie es originaria de América Tropical y juega un papel importante en la descomposición de materia orgánica en su hábitat natural.

Las larvas de la mosca soldado negra (LMSN) eclosionan de los huevos en un período de 3 a 4 días y se desplazan hacia el sustrato, donde comienzan a alimentarse. Las larvas se distinguen por tener un cuerpo aplanado dorso-ventralmente, una cabeza reducida y once segmentos corporales visibles (Figura 1, B-D). La fase larval dura entre 14 y 16 días. El tiempo de crecimiento y el tamaño final del adulto están influenciados por la composición del sustrato y las temperaturas del entorno.

Al alcanzar un tamaño determinado la larva sale del sustrato en busca de un lugar seco y oscuro, donde entra en un estado de inmovilidad y se transforma en pupa. La pupa, que dura entre 14 y 21 días, mantiene una apariencia similar a la de la larva, pero con un tono gris y una textura dura y áspera (Figura 1E).

El adulto emerge de la pupa, dejando el exoesqueleto detrás, y comienza un nuevo ciclo de vida. Los adultos (Figuran 1F), que no tienen piezas bucales bien desarrolladas y se alimentan ocasionalmente de líquidos, copulan dos días después de emerger y la hembra empieza a poner huevos cuatro días después (Sheppard et al., 2002).

Las larvas pueden crecer en altas densidades y eliminar otras poblaciones de moscas e incluso bacterias patógenas de humanos mediante sustancias inhibitorias y antibióticas. Esto las convierte en una especie eficaz para el tratamiento de residuos orgánicos, ya que pueden reducir microorganismos patógenos (Erickson et al., 2004) y larvas de insectos vectores, como la mosca doméstica (Bradley & Sheppard, 1984).

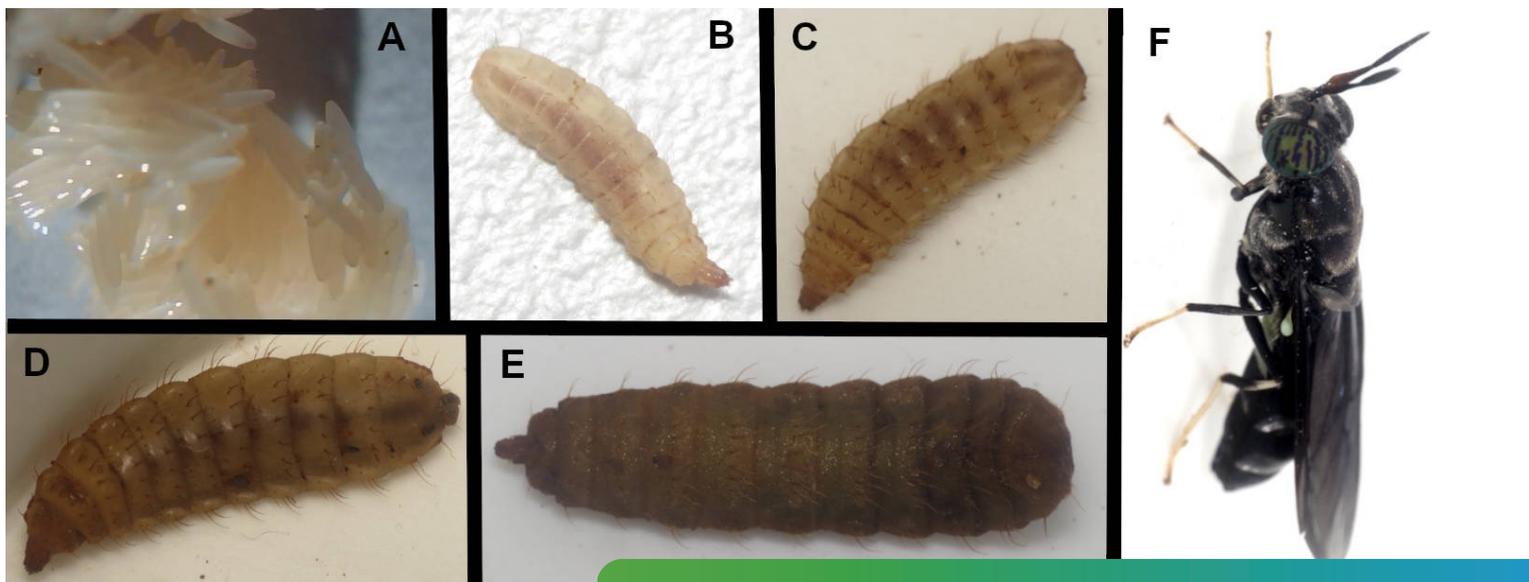
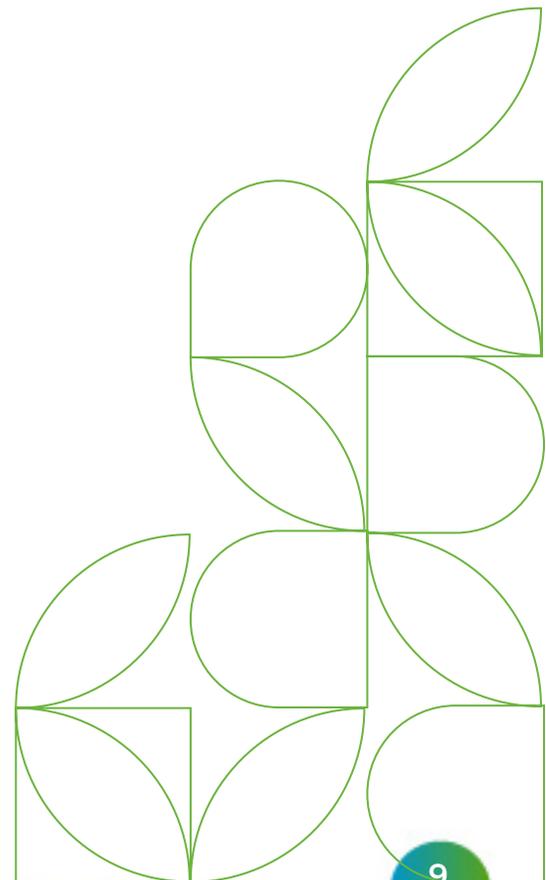


Figura 1. Fases del ciclo de vida de *Hermetia illucens*. A, masa de huevos dejada por hembras entre ranuras de objetos. (modificada de Marcoadieter; bajo licencia Creative Commons). B, larva de primer instar, longitud aproximada: 3 mm. C, larva de segundo instar; longitud aproximada: 0,5 cm; D, larva de último instar, longitud aproximada: 1,5 cm. E, pupa, longitud aproximada: 2 cm. (Fotos B a F tomadas por Sergio Jansen-González).



4. Producción primaria de *Hermetia illucens*

4.1 Establecimiento de una granja de *Hermetia illucens*

4.1.1 Infraestructura requerida

Para establecer un cultivo de *H. illucens* es esencial contar con un espacio protegido de la lluvia. Algunos procesos, como el apareamiento, requieren luz natural, aunque pueden realizarse en penumbra con luz artificial. Otros procesos, como la incubación de pupas para la obtención de adultos y el crecimiento de larvas, necesitan oscuridad total o parcial. Por lo tanto, el espacio debe incluir una sección con acceso a luz natural y otra sección resguardada de la luz, en penumbra. Es fundamental asegurar una buena ventilación, ya que la mosca soldado negra se cría bajo condiciones de alta carga de materia orgánica. Las larvas, durante su crecimiento, emiten calor, amoníaco y dióxido de carbono, que deben ser evacuados y diluidos en el ambiente para garantizar su desarrollo óptimo. Para una producción mínima que abarque todo el proceso de cría, se estima un área mínima de 4 m, dado que cada etapa requiere equipo específico y diferentes demandas de espacio.

4.1.2 Jaulas

Las unidades de producción para la MSN pueden dividirse en cuatro, dependiendo del proceso que se quiera optimizar:

- 1- Apareamiento y postura
- 2- Incubación de huevos
- 3- Crecimiento de larvas
- 4- Incubación de pupas para obtención de adultos

4.1.2.1 Apareamiento y postura

Esta unidad (Figura 2) está compuesta por:

- Un encierro con malla tipo mosquitero, tela tipo tergal o sarán
- Una fuente de luz
- Una superficie para posarse y de cópula para los adultos
- Trampas de huevo
- Bandeja conteniendo el sustrato atrayente para postura
- Agua
- Moscas adultas

A continuación, en el cuadro 1, se detallan dichos aspectos clave para establecer y mantener el cultivo de *H. illucens*.

Cuadro I. Elementos clave para establecer y mantener el cultivo de *H. Illucens* durante el proceso de apareamiento y postura.

Elemento	Descripción
A. Encierro	Dimensiones mínimas: 140 cm de alto, 70 cm de largo y 70 cm de ancho. La estructura puede variar según el espacio disponible y la escala del proyecto, pero se recomienda un tamaño de fácil manipulación. Construido con tubos de PVC de media pulgada y forrado con sarám o malla mosquitera, con dos aperturas: una lateral para el acceso de las personas y otra en el lado opuesto en forma circular con una manga como “túnel” para transferir adultos emergidos de los puparios. La apertura para el personal puede tener un zipper para ajustar el tamaño conforme al procedimiento. Alta densidad de individuos garantiza la postura (65,000 individuos en 2.5 m incrementan la postura; Park et al. 2016).
B. Fuente de luz	Necesaria para la cópula. Puede ser luz natural, colocando el encierro en el exterior en semi sombra o luz plena, especialmente en las mañanas. Alternativamente, luz artificial puede ser utilizada, con fuentes UV o luces de colores índigo/azul (440 nm) y verde (540 nm) que incrementan la cópula y fertilización (Liu et al. 2020).
C. Superficie para posarse y de cópula para los adultos	Los adultos necesitan posarse durante la cópula, preferentemente en follaje de plantas. Dentro del encierro, se pueden introducir plantas en macetas, plantas artificiales o estructuras que simulen estas superficies.
D. Trampas de huevos	Cualquier estructura que ofrezca ranuras de 1-3 mm de ancho va a ser utilizada por las hembras para depositar sus huevos en estas. Pueden usarse estructuras elaboradas con piezas de material plástico, cartón o madera. Un tipo son tablillas de madera de media pulgada de grueso por 15-20 cm de largo y 2-3 cm de ancho; en un lado de la cara de cada tablilla se colocan dos o tres chinches planos que funcionan como espaciadores y que al apilarlas y amarrarlas con ligas o cuerdas dejan el espacio suficiente entre tablillas para que las hembras de MSN coloquen los huevos (Figuras 3 y 4).

E. Material atrayente para postura

En el centro del encierro se coloca un recipiente o bandeja con material atrayente que estimule la postura en trampas de huevos (Figuras 3 y 4). Fórmulas comunes incluyen pasta espesa con materia orgánica en fermentación (maíz en fermentación anaeróbica, cuerpos de adultos de MSN muertos y larvas vivas de MSN)

F. Agua

Puede ofrecerse asperjando con una botella atomizadora sobre la superficie de cópula (hojas de plantas vivas o artificiales) o colocando algodones o un paño humedecido en un plato plano para que los adultos puedan chupar e hidratarse.

G. Transferencia de adultos

Los adultos se obtienen de los puparios. La transferencia al encierro se realiza a través de la apertura lateral en manga o dejando el pupario (Figura 5) en el piso del encierro en un lugar oscuro, permitiendo que los adultos emergidos pasen al encierro de apareamiento.



Figura 2. Imagen de ejemplo de encierro de cópula y oviposición mostrando sus partes. (Imagen modificada de Mike Dickison bajo licencia Creative Commons; Fuente:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_soldier_fly_UC_MRD_02.jpg).

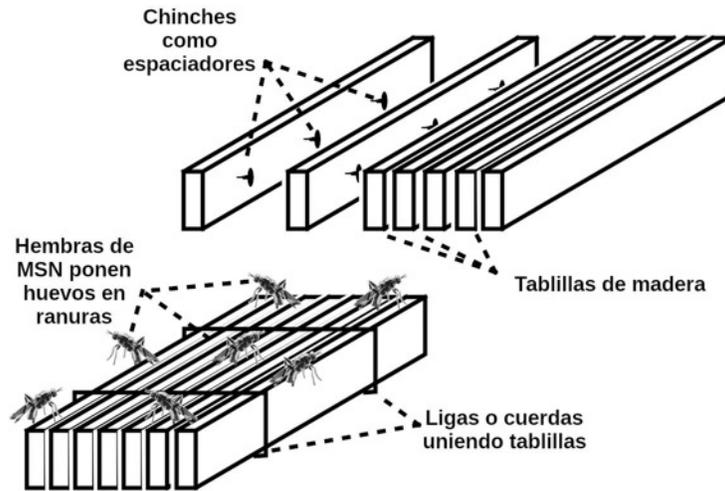


Figura 3. Ilustración de ensamblaje de trampas de huevos basadas en tablillas de madera con chinches como espaciadores. Las tablillas se unen por medio de ligas o cuerdas y el espacio dejado entre tablillas es usado por las hembras de la MSN para poner huevos. (Ilustración elaborada por Sergio Jansen-González).

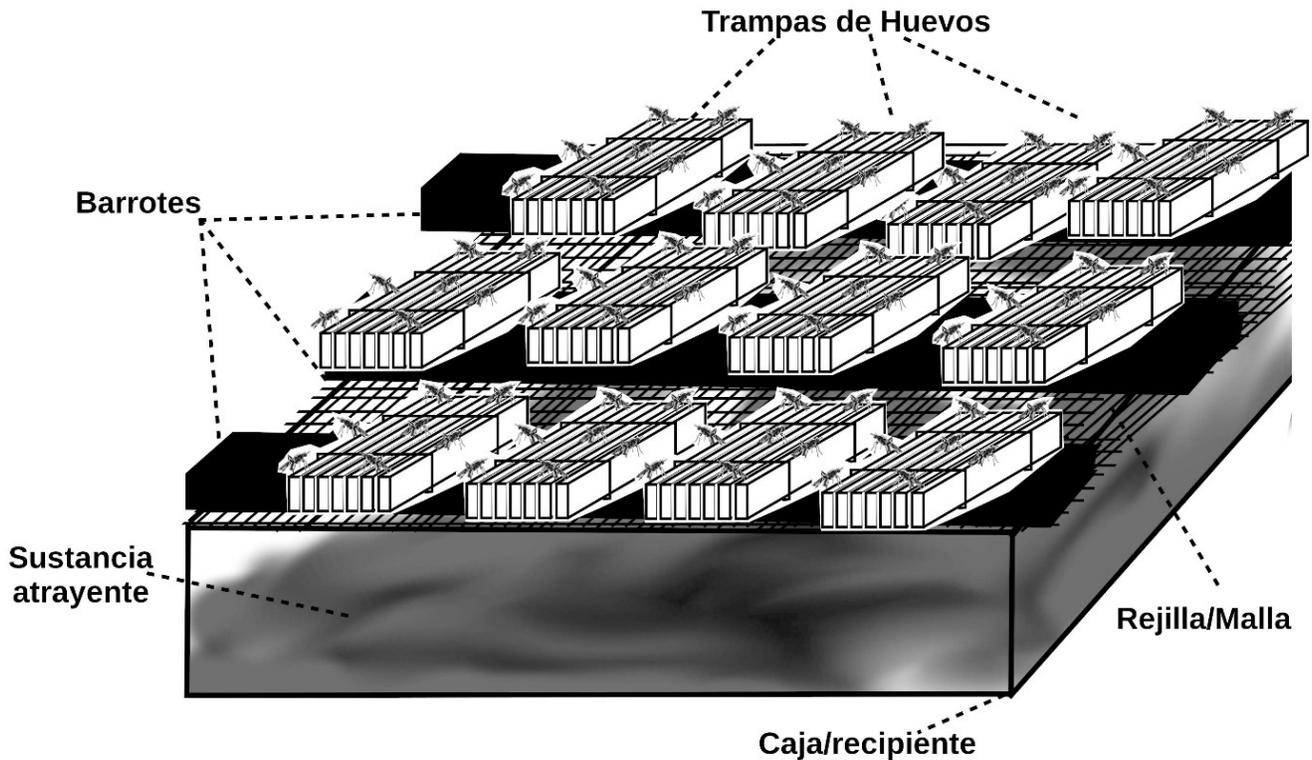


Figura 4. Ilustración de montaje de bandeja con atrayente y trampas de huevos (Ilustración elaborada por Sergio Jansen-González).

4.1.2.2 Incubación de huevos

Las cámaras de incubación están compuestas por:

- Un estante con varios niveles de soporte para varias bandejas.
- Bandejas para contener el alimento.
- Barrotes o rejillas.
- Trampas de huevos cargadas, provenientes de encierros de apareamiento y postura.

A continuación, en el Cuadro II, se detallan los requisitos que deben cumplir estos componentes para formar parte de las cámaras de incubación:

Cuadro II. Requisitos de los componentes para las cámaras de incubación.

Componente	Descripción
A. Estante	Un estante con varios niveles de soporte, que puede ser de cualquier material, preferiblemente inorgánico (plástico, metal). Debe tener suficiente espacio para albergar las bandejas con alimento y puede tener tantos niveles como sea necesario, dependiendo de la escala de la producción.
B. Bandejas con alimento	Las bandejas deben ser de material plástico con paredes lisas y una altura de al menos 10 cm. El tamaño de las bandejas dependerá de los materiales disponibles en la región. El alimento consistirá en material orgánico previamente seleccionado y molido (ver descripción de procesamiento de alimento y Cuadro IV mostrando la variedad de fuentes de alimento para MSN).
C. Barrotes o rejillas	Sobre la bandeja con alimento se colocarán barrotes o una rejilla de ojo grueso (5 mm) que sostendrán las trampas de huevos sobre el alimento sin tocarlo. Esto permitirá que, a medida que las larvas nazcan, caigan en la bandeja atraídas por el alimento.
D. Trampas de huevos cargadas	Trampas de huevos provenientes del encierro de apareamiento y postura se colocarán sobre los barrotes o la rejilla, permitiendo la caída de las larvas recién nacidas al alimento en las bandejas.

4.1.2.3 Crecimiento de larvas

Para el desarrollo de las larvas se utilizan bandejas plásticas no muy altas (10cm de altura) de diferentes dimensiones. Estas bandejas van a contener el alimento y una población de larvas de miles de individuos. A medida que las larvas crecen se irán utilizando bandejas de mayor tamaño (mayor área) procurando una densidad alta de larvas. Las bandejas conteniendo las larvas en crecimiento se pueden colocar en estantes en un área oscura bien ventilada.

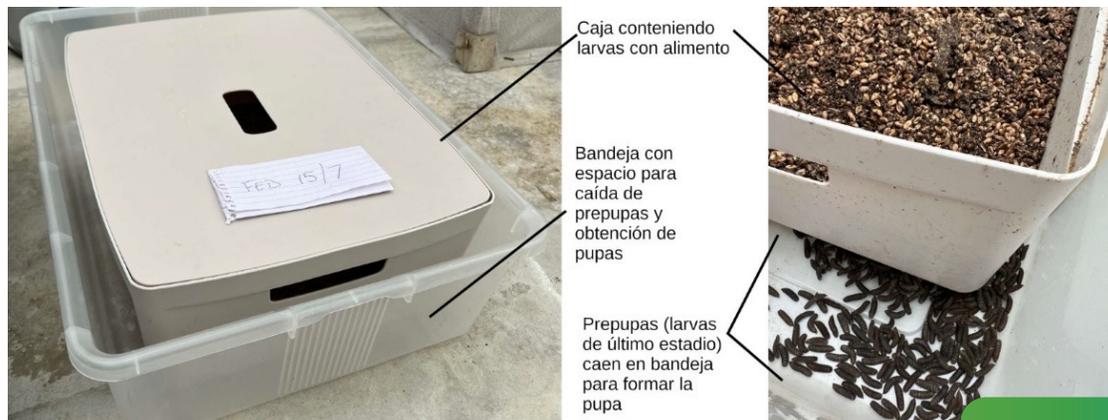


Figura 5. Ejemplo de instalación básica de recipientes para crecimiento de larvas de MSN. A la izquierda, bandeja conteniendo caja con larvas y alimento. A la derecha, detalle de la caja abierta con larvas en el alimento y la caída de larvas de último estadio listas para entrar en estadio de pupa del cual emerge el adulto de la mosca. (Imágenes modificadas. “Black soldier fly UC MRD 03” y “Black soldier fly UC MRD 04” tomadas por Mike Dickison licencia bajo CC BY 4.0).

4.1.2.4 Incubación de pupas para obtención de adultos

Las pupas se obtienen de larvas del último instar que se inducen a caer en una bandeja colectora conteniendo la bandeja de crecimiento de larvas (Figura 5), se almacenan en recipientes plásticos con una capa de 2 cm de un sustrato seco que puede ser borucha o arena fina. Estos recipientes deben dejarse en ambiente oscuro.

4.1.3 Alimentación

Los adultos de MSN no se alimentan y solo necesitan una fuente de agua. Las larvas, en cambio, se alimentan de materia orgánica humedecida, no seca. Aunque pueden consumir partículas grandes de materia orgánica, la asimilación es más eficiente si el alimento se ofrece molido y mojado, con un 60%-70% de humedad.

En el Cuadro IV se detallan ejemplos de algunas fuentes de alimento utilizadas en el desarrollo de larvas de *H. illucens*. Generalmente, el alimento se compone de una base, que representa alrededor del 50%-60% del preparado, complementada con otras fuentes alimenticias en diferentes proporciones, dependiendo de la disponibilidad y acceso local a materias primas o subproductos.

Cuadro III. Componentes base y complementarios que pueden utilizarse para alimentación de larvas de *Hermetia illucens*.

Alimentos base	Alimentos complementarios
Semolina de arroz	Restos vegetales (descarte, cáscaras, no comerciables, etc)
Salvado de trigo	Restos de comida*
Maíz molido	Estiércol*
Alimento de pollo	Pulpa de café
	Residuos de matadero*
	Residuos de piscicultura*

(*) indica componentes con restricciones en algunos mercados debido a una alta carga microbiana y riesgo de bioacumulación de contaminantes. Estos alimentos pueden determinar a la mosca soldado negra alimentada con estos componentes no apta para consumo humano.

4.1.4 Nidos, escondites y ponederos

Cualquier estructura con ranuras de 1-3 mm de ancho puede ser utilizada por las hembras de la mosca soldado negra para depositar sus huevos. Se pueden usar estructuras hechas de plástico, cartón o madera. Se recomienda emplear trampas de huevos modulares que se puedan ensamblar y desensamblar fácilmente para facilitar la manipulación, extracción de los huevos, y la limpieza e higienización de las trampas. Existen varias posibilidades para las trampas de huevos, entre las cuales se destacan tres tipos principales:

1. BioBalls: Bolas plásticas utilizadas para contener filtros de agua en acuarios. Estas bolas tienen ranuras y labrados que las hembras de la mosca soldado negra utilizan para poner sus huevos.

2. Tablillas de madera: Tablillas de madera de media pulgada de grosor, 15-20 cm de largo y 2-3 cm de ancho. En un lado de cada tablilla se colocan un par de chinchas planos que funcionan como espaciadores. Al apilar y amarrar las tablillas con ligas o cuerdas, se deja el espacio suficiente entre ellas para que las hembras depositen sus huevos.

3. Panales de cartón corrugado: Utilizados para empaques, estos panales se colocan sobre la bandeja que contendrá la sustancia o sustrato atrayente sin tocarlo, separados por una malla de 1 cm de ojo o barrotes colocados sobre la bandeja.

4.2 Principales variables a controlar durante la cría

4.2.1 Temperatura y humedad

La temperatura óptima general para el desarrollo de *Hermetia illucens* a lo largo de todo el ciclo es de 30°C, con un rango aceptable de rendimiento entre 25 y 35°C. Fuera de este rango, la tasa de crecimiento disminuye y la mortalidad puede aumentar. Dependiendo del estadio de desarrollo, los requerimientos de temperatura pueden variar, teniendo cada etapa un óptimo diferente (Chia et al., 2018).

- Eclosión de huevos: Óptimo entre 30-35°C (~3 días para eclosionar)
- Desarrollo de larva antes de prepupa (tamaño de cosecha): Entre 25-35°C (15-20 días desde la larva recién eclosionada)
- De prepupa a adulto: Entre 25-35°C (8-15 días)

Todo el ciclo de vida, desde huevo hasta adulto, se cumple en aproximadamente 28-30 días a 30°C.

La longevidad de los adultos es mayor a 20-25°C (~15 días) en comparación con temperaturas entre 30-35°C (~5 días). Sin embargo, la fertilidad de las hembras disminuye significativamente cuando los individuos se desarrollan a temperaturas menores a 25°C y aumenta cuando se desarrollan a 30°C.

4.2.2. Patógenos y enfermedades

En *Hermetia illucens*, hay pocos reportes de microorganismos patógenos; sin embargo, algunos hongos pueden afectar a las pupas y adultos (Veldkamp et al., 2022). En general, la presencia de patógenos no parece representar una amenaza significativa para este insecto.

Algunas especies de moscas que también se alimentan de materia orgánica o que tienen etapas de vida con requerimientos similares a *H. illucens* pueden invadir los recipientes donde se encuentran las larvas de mosca soldado negra, compitiendo por alimento o espacio. Aun así, se sabe que las larvas de la mosca son altamente competitivas y, siempre y cuando se mantengan en densidades altas en el cultivo, pueden controlar naturalmente las poblaciones de otras moscas invasoras.

Para asegurar la salud y eficiencia del cultivo, se recomienda:

- **Monitoreo constante:** Revisar regularmente las bandejas de cultivo para detectar y remover larvas que no correspondan con la morfología de la mosca soldado negra.

- **Mantenimiento de alta densidad:** Mantener una alta densidad de larvas de las moscas soldado negra en cultivo para reducir la competencia de otras especies de moscas.

4.2.3. Depredadores

Hormigas

Las hormigas pueden ser atraídas a las instalaciones de cultivo en busca de material del sustrato o de las larvas de MSN. Para prevenir su intrusión:

- Ubicación de las bandejas: Mantener las bandejas de crecimiento elevadas sobre estantes, alejadas del piso.
- Protección de estantes: Aplicar grasa o vaselina en las patas de los estantes para evitar que las hormigas suban.

Roedores

Los roedores pueden consumir larvas de manera voraz y afectar significativamente la productividad del cultivo. Para controlar su presencia:

- Monitoreo constante: Implementar un monitoreo continuo de las instalaciones.
- Trampas: Colocar trampas en diversos puntos de las instalaciones.
- Remoción activa: Retirar activamente los roedores detectados de las instalaciones.

Estas medidas ayudarán a mantener la integridad del cultivo y a proteger la productividad de las larvas de *Hermetia illucens*.

4.2.4. Contaminantes químicos

Hermetia illucens es un insecto muy resistente, especialmente en el estado de larva, durante el cual es capaz de alimentarse de una gran variedad de materiales orgánicos. No se han documentado contaminantes que afecten significativamente el desarrollo de las larvas; sin embargo, hay evidencia de que estas pueden acumular elementos contaminantes presentes en su alimento, concentrándolos en sus cuerpos, un fenómeno conocido como bioacumulación (Siddiqui et al., 2023). Es crucial tener cuidado con el tipo de material que se les ofrece a las larvas durante el crecimiento ya que hay evidencia de que pueden bioacumular metales pesados y pesticidas. Por esto se recomienda tener buen conocimiento de la proveniencia del material utilizado en la alimentación.

4.3 Etapas de la producción primaria

4.3.1. Reproducción y crecimiento

4.3.1.1 Reproducción

Para iniciar un cultivo de *H. illucens*, es fundamental adquirir el pie de cría, que puede encontrarse en forma de larvas, pupas o adultos. Se recomienda obtener el pie de cría en la fase de larvas de último estadio (de color gris y con movimiento al tocarlas) o en la etapa de pupas (de color gris y con poco movimiento).

Para asegurar una postura exitosa de los adultos derivados de este pie de cría, se debe adquirir al menos mil individuos y colocarlos en el encierro de cópula en alta densidad. La alta densidad se puede lograr aumentando el número de individuos o reduciendo el volumen del encierro, acortando alguno de sus extremos.

Para obtener los adultos, se puede introducir un recipiente con pupas tapado en el encierro de cópula, evitando la entrada de luz, pero con uno o varios puntos de salida (orificios o ranuras) para permitir la emergencia de los adultos alados. Una vez emergidos, se debe introducir en el encierro una bandeja con atrayente, las trampas de huevos y una superficie de descanso/cópula (como plantas en maceta, plantas artificiales o superficies simulando hojas). Las trampas de huevos pueden dejarse en el encierro hasta por tres o cuatro días, momento a partir del cual emergen las larvas.

4.3.1.2 Crecimiento

Una vez obtenida la postura, se procede a recolectar los huevos de las trampas. Los huevos se pueden recoger raspando con cuidado la superficie de las trampas y depositándolos en un recipiente, o se pueden dejar en las trampas. El recipiente o trampa con los huevos se coloca sobre un barrote ubicado sobre la bandeja que contiene el alimento, de manera que las larvas emergidas caigan directamente en el alimento y comiencen a alimentarse.

Las larvas, especialmente las más jóvenes, pueden trepar fácilmente superficies lisas. Para evitar que se salgan del recipiente, se recomienda espolvorear talco en los bordes de la bandeja con alimento, lo que hace que las larvas resbalen.

Las larvas se mantienen en el proceso de alimentación durante 10-15 días, añadiendo nuevo alimento conforme se observa el consumo del existente. Durante este periodo, no se limpian las bandejas en ninguna etapa de alimentación; en su lugar, se adiciona material nuevo con el tiempo. Las bandejas deben cambiarse de menor a mayor tamaño a medida que las larvas crecen, siempre asegurando mantener una alta densidad de larvas por bandeja. La alta densidad se define como más de 100 larvas recién emergidas (2 mm de largo) por centímetro cuadrado (1 cm x 1 cm), o más de 100 larvas de tercer a cuarto estadio (1-2 cm de largo) por decímetro cuadrado (10 cm x 10 cm).

4.3.1.3 Obtención de adultos para mantenimiento de la población

Los adultos de *H. illucens* tienen una vida útil corta, que no supera una semana, y su capacidad reproductiva disminuye a partir de los dos o tres días después de iniciar la postura. Para asegurar una población constante de adultos y reemplazar a los que mueren, es esencial mantener una reserva de adultos jóvenes.

Se recomienda apartar por cohortes al menos el 10% de la población de larvas durante la etapa de crecimiento y destinarlas a la producción de nuevos adultos. Estas larvas pueden seleccionarse desde el inicio del ciclo y alimentarse con una dieta diferenciada para asegurar que se obtengan adultos grandes y sanos. La calidad de la dieta durante la etapa de larva es crucial para el tamaño y la fertilidad de los adultos.

Las larvas seleccionadas se llevan a la etapa de pupa y se incuban para obtener adultos jóvenes. Para la formación de pupas, las larvas de último estadio deben colocarse en un recipiente seco y oscuro. Después de 10-15 días, las pupas estarán listas para ser trasladadas a los encierros de cópula, donde emergerán como adultos jóvenes.

En la Figura 3 se muestra cómo obtener pupas: la caja de cría se coloca dentro de una bandeja, sobre la cual caen las larvas de último estadio, que se convierten en pupas.

4.3.2. Cosecha y recolección

Dado que la producción de larvas de *H. illucens* se realiza en cohortes (individuos emergidos en un mismo intervalo de días), la cosecha debe llevarse a cabo al final del tercer estadio larval, antes de la transición a la etapa de pupa. El momento exacto de la cosecha debe determinarlo el productor con base en la experiencia, ya que factores como la temperatura del cultivo y el tipo de alimentación ofrecida influyen en el crecimiento y tamaño de las larvas.

No se recomienda cosechar en la etapa de pupa, ya que en esta fase el cuerpo de la larva se vuelve más duro y fibroso debido al alto contenido de quitina, lo cual puede afectar la calidad del producto final.

Una vez establecido el lote de larvas para cosechar, se deben seguir los siguientes pasos:

- 1. Tamizado:** Someter las larvas a un proceso de tamizado para remover residuos (frass).
- 2. Ayuno:** Dejar las larvas en ayunas durante 24 horas para permitir la eliminación de residuos adicionales.
- 3. Segundo tamizado:** Realizar un segundo tamizado para obtener larvas con intestinos vacíos, listas para el procesamiento.

Este proceso asegura que las larvas estén limpias y en óptimas condiciones para su posterior uso o comercialización.

4.3.3. Sacrificio

Después del tamizado, se procede a la etapa de sacrificio, que se puede llevar a cabo de dos maneras principales: mediante un proceso térmico conocido como escaldado, en el que las larvas se sumergen en agua a 100°C durante dos minutos (Bermúdez-Serrano & Sánchez-Velázquez, 2023), o a través de un secado directo. Se recomienda optar por el escaldado, ya que este método ayuda a reducir la oxidación de los lípidos, y mejora tanto el color como la textura del producto final (Hernández-Álvarez et al., 2021).

4.3.4. Almacenamiento y transporte

Una vez sacrificadas, las larvas deben ser utilizadas de inmediato o almacenadas a temperaturas de congelación -18°C (EAWAG, 2021). Se recomienda evitar el secado previo al sacrificio, ya que el estrés adicional a las larvas podría afectar la calidad del producto final.

4.4 Gestión de la inocuidad y calidad durante la producción

Las LMSN se alimentan de materia orgánica en descomposición y se ha recomendado por algunos autores que su enfoque de producción debería ser el de alimento para animales (Bessa et al., 2021). Es posible producir para consumo humano con medidas rigurosas de trazabilidad de los productos usados en la alimentación de las larvas y un monitoreo constante de microorganismos presentes en la etapa de producción que puedan representar un riesgo para la salud humana.

La cría de MSN implica manipular material orgánico con una alta carga microbiana. Por eso se recomienda:

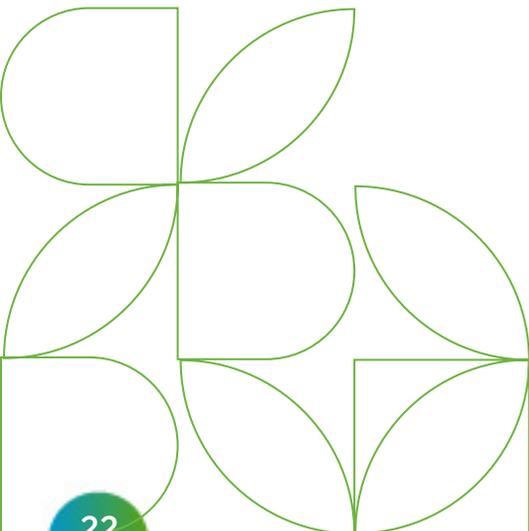
1. Hacer un programa diario de limpieza de las instalaciones y los materiales utilizados a diario en la actividad.
2. Limpieza con agua, jabón y frotado con esponja o cepillo en los recipientes, encierros, paredes o piso de las instalaciones para remover capas de biopelículas de microorganismos.
3. Aseo constante del personal. Higienización de manos constante, al terminar cada actividad.
4. Disponibilidad de baños, lavamanos y uso de ropa exclusiva dentro de las instalaciones que debe ser lavada diariamente.

4.5 Recomendaciones adicionales

La cría de *H. illucens* requiere de mano de obra intensiva ya que para la obtención de un kilogramo de material vivo de larva se necesita manipular cientos de adultos y miles de larvas a la vez. También, los procesos de manutención y limpieza requieren de un cierto grado de manipulación manual. Se puede pensar en un proceso de automatización para granjas a gran escala usando recipientes en estantes estandarizados, sensores de temperatura y humedad, robótica e inteligencia artificial para el monitoreo de los estadios de producción y la definición de tareas diarias. Sin embargo, no existe un sistema estandarizado de acceso público para la automatización a gran escala. Para Costa Rica se recomendaría la financiación tanto pública como privada para desarrollar equipos de investigación interdisciplinaria (biólogos, zootecnólogos, diseñadores industriales, ingenieros industriales, ingenieros robóticos y mecatrónicos, etc.) que definan parámetros y procesos en el trópico.

Especialización en la producción

Cumplir con todos los pasos del cultivo de *H. illucens* requiere de varios tipos de jaulas, equipos y procesos, esto demanda área y tiempo. Una recomendación para hacer la escala de producción pequeña y aun así obtener ingresos sería especializar la producción de MSN en alguno de los eslabones de la producción primaria y así generar encadenamientos entre personas o compañías especializadas en esos eslabones. Por ejemplo, una persona o compañía podría dedicarse exclusivamente a la producción de huevos de MSN o al engorde y desarrollo de larvas. Los huevos se pueden vender por gramaje a productores que estén interesados en criar las larvas. Esta sectorización dentro de la producción primaria de MSN puede contribuir a la especialización y aumento de eficiencia de procesos de producción primaria y generación de valor agregado en el procesamiento de MSN.



5. Procesamiento del insecto

Hermetia illucens

5.1 Infraestructura requerida

Antes de iniciar el procesamiento de las larvas de *Hermetia illucens*, es importante analizar los requisitos previos que se deben cumplir para asegurar la producción de alimentos seguros y de alta calidad para la alimentación animal. Entre estos requisitos, es fundamental seguir las disposiciones generales de prácticas de manufactura conforme al **Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 65.05.63:11 Productos Utilizados en Alimentación Animal. Buenas Prácticas de Manufactura y a la Guía de Inspección de Buenas Prácticas de Manufactura de Productos destinados a la Alimentación Animal**.

Estos documentos están diseñados para establecer las disposiciones generales sobre buenas prácticas de manufactura e higiene de los productos utilizados en la alimentación animal. Además, permiten conocer los criterios que deben cumplirse y que serán revisados e inspeccionados por los inspectores oficiales de la Dirección de Alimentos para Animales u otros organismos autorizados. Estas inspecciones pueden ser previas, de vigilancia, de seguimiento, por denuncia o para autorizar la exportación de productos destinados a la alimentación animal.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con las condiciones generales que las empresas deben cumplir para la elaboración de productos a base de insectos para alimentación animal, como los provenientes de *Hermetia illucens*.

Cuadro IV. Condiciones generales para la elaboración de productos a base de *Hermetia illucens*.

Condición	Descripción	Normativa
Ubicación y distancia	Las instalaciones deben estar a una distancia sin riesgos para la inocuidad de los productos, la salud animal, pública y el medio ambiente.	Decreto N°16899-MAG Art. 37, 38; RTCA 65.05.63:11 Art. 5.1 a, d y 12b

Condición	Descripción	Normativa
Diseño de la fábrica	El diseño debe minimizar riesgos de errores en la elaboración, y permitir actividades de control de calidad, higiene y seguridad laboral.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.1 a y b
Espacio adecuado	Debe haber espacio suficiente para equipos, operaciones de producción, higiene, limpieza, mantenimiento, inspección y aplicación de medidas correctivas.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.1 b y c
Acceso	Instalaciones deben contar con acceso adecuado para personas y vehículos, cumpliendo con normas de bioseguridad.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.1b y 5.2.1 j
Manejo de productos de rechazo	Áreas específicas para el manejo de productos en rechazo, retención o cuarentena.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.4 a y 8.2.6
Distribución de áreas	Áreas definidas según el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.4
Manejo de sustancias peligrosas	Áreas separadas para el almacenamiento de sustancias peligrosas como plaguicidas y materiales explosivos.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.4 a
Mantenimiento de alrededores	Mantenimiento adecuado de alrededores, accesos, desagües y drenajes para evitar focos de contaminación.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.1 f, g, h

Condición	Descripción	Normativa
Diseño de infraestructura	Techos, pisos, paredes, ventanas y puertas diseñados para facilitar limpieza y desinfección, evitando el ingreso de plagas.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.3
Ventilación e iluminación	Sistemas adecuados de ventilación e iluminación conforme a las normativas vigentes.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.1 e, i
Áreas de servicio	Baños, sanitarios, lavamanos, zona de descanso, comedor y vestidores separados de las áreas de producción y almacenamiento.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.4 g, i, ii y 6.3c
Control de acceso	Sistemas para regular el acceso de personas y vehículos a las instalaciones, incluyendo desinfección.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.1 j
Materiales y herramientas	Materiales metálicos y herramientas mantenidos en áreas específicas, externas al flujo de producción o en armarios seguros.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.4 b, e
Superficies de trabajo	Superficies de trabajo diseñadas para facilitar limpieza y desinfección efectiva, evitando la contaminación.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.1 k, 5.3.1 d
Basureros	Suficientes basureros con tapa e identificación.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.6 b

Condición	Descripción	Normativa
Programa de mantenimiento e higiene	Programa de mantenimiento e higiene de instalaciones y equipos, incluyendo POES cuando sea necesario.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.6 a; 5.3.4 a, b
Limpieza de tarimas	Tarimas limpias en las áreas de proceso y almacenamiento.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.6 e
Almacenamiento de producto terminado	Área específica para almacenamiento de producto terminado que cumpla con las condiciones de almacenamiento.	RTCA 65.05.63:11 Art. 5.2.4 b

5.2 Permisos regulatorios

A pesar del notable crecimiento del sector de insectos comestibles en los últimos años, especialmente en la producción de mosca soldado negra, la falta de legislación específica sigue siendo una barrera significativa para su expansión como fuente de alimento. En Costa Rica, aún no se ha implementado una regulación concreta para la comercialización de alimentos para animales elaborados a partir de estos insectos. Pero si se tiene el conocimiento de que la mosca soldado negra está permitida en la Unión Europea como alimento para mascotas y peces, siempre que estos insectos sean criados en material de origen vegetal. Sin embargo, no se permite su reproducción en sustratos a base de estiércol animal, residuos de restaurantes o alimentos desechados (Van Huis, 2020). En esta región también se permite el uso de aceites derivados de las larvas y la venta de insectos vivos (IPIFF, 2019; Van Huis, 2020).

El Reglamento UE 2021/1372 de la Comisión permite el uso de insectos en la alimentación de porcinos y aves de corral, siempre que estos insectos hayan sido criados en sustratos de origen vegetal, residuos vegetales, lácteos o huevos. Esto abre nuevas oportunidades en sectores industriales que anteriormente no se contemplaban (Bermúdez-Serrano & Sánchez-Velázquez, 2023; IPIFF, 2022).

Tras las evaluaciones de riesgo realizadas por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en 2015, se determinó que *Hermetia illucens* cumple con los requisitos de seguridad para su uso en la producción de alimentos para animales (Cerisuelo et al., 2024). En respuesta a estas evaluaciones, en 2023 se inauguró en Costa Rica la primera planta de producción de proteína basada en insectos en el país y en toda Latinoamérica, operada por la empresa PRONUVO (Pomareda, 2023). Esta planta se especializa en reciclar la materia orgánica residual de las procesadoras de frutas, utilizándola como sustrato para el cultivo de larvas de *H. illucens*.

Las empresas que crían y procesan insectos como *H. illucens* deben obtener un Certificado Veterinario de Operación (CVO) emitido por el Sistema Nacional de Salud Animal (SENASA). Este certificado se obtiene conforme al Reglamento General para el Otorgamiento del Certificado Veterinario de Operación N° 34859-MAG (PGR, 2008), el cual establece requisitos sanitarios, de ubicación, condiciones físicas y ambientales que deben cumplir los establecimientos, basados en el RTCA 67.01.33:06 de Buenas Prácticas de Manufactura. Este reglamento es fundamental para aquellas empresas que elaboren, importen, almacenen, fraccionen, transporten, vendan, industrialicen, empaquen, refrigeren, procesen o expendan productos y subproductos de origen animal destinados al consumo humano o animal, así como para los establecimientos dedicados al sacrificio de animales.

En el Reglamento mencionado de otorgamiento de CVO para la producción de productos a base de insectos, existe una sección específica denominada “E211 - Establecimientos de proceso de productos a base de insectos y otros invertebrados para consumo”. A continuación, se detalla la información relevante de este apartado:

- Código y nombre de subclase de dicha actividad: 021107 Procesamiento de productos a base de insectos y otros invertebrados para consumo.
- Clasificación según tamaño de la empresa:
 - Pequeña: Menos de 5 kg por semana
 - Mediana: De 5 a 15 kg por semana
 - Grande: Más de 15 kg por semana
- Requisitos para solicitar el CVO:
 - Solicitud y Declaración Jurada
 - Permiso de uso de suelo
 - Título de propiedad o documento idóneo
 - Factura de pago de tarifa
 - Documento de identidad o Personería Jurídica
 - Sistema de manejo de desechos y tratamiento de aguas residuales
 - Viabilidad ambiental

Además, es necesario contar con un registro sanitario que autorice el funcionamiento de la planta de procesamiento. Este registro es obligatorio para todos los productos utilizados en alimentación animal que se fabriquen, importen, exporten, reempaquen o comercialicen. Dichos productos deben estar registrados y autorizados por la Autoridad Competente.

Los requisitos para obtener este registro se detallan en el siguiente Cuadro VII:

Cuadro V. Requisitos para el registro sanitario de productos de alimentación animal.

Aspecto	Descripción
A. Solicitud armonizada	Formulario de registro sanitario (Anexo Normativo A) completo, firmado y sellado por el propietario o representante legal y el regente o responsable técnico.
B. Carta poder	Documento del elaborador o titular otorgando poder al registrante para realizar estas actividades ante la Autoridad Competente.
C. Certificado de libre venta	Certificado original (Anexo Normativo B) emitido por la Autoridad Competente del país de origen. Si no se comercializa en el país de origen, debe incluir una constancia de dicha condición, siempre que no afecte la salud pública, animal o el medio ambiente.
D. Análisis garantizado	Análisis firmado y sellado por el técnico responsable del elaborador o del laboratorio de análisis, expresado en unidades del SI.
E. Listado de ingredientes	Materias primas y aditivos en la formulación, con nombres genéricos o comunes, firmado y sellado por el responsable técnico del elaborador.
F. Composición cualí-cuantitativa	Información completa sobre la composición del producto, emitida por el técnico responsable del elaborador.
G. Método de análisis	Métodos de análisis físico, químico y biológico, reconocidos internacionalmente o validados por el elaborador, para el control de calidad.

Aspecto	Descripción
H. Metodología de análisis	Metodología para los métodos validados por el fabricante.
I. Proceso de elaboración	Descripción del proceso de elaboración, incluyendo flujograma (con temperaturas, tiempos, presión, etc.), firmado y sellado por el responsable técnico del establecimiento.
J. Certificado de análisis de lote	Certificado de análisis de un lote comercial del producto a registrar, expedido por el elaborador o laboratorio de control de calidad, firmado y sellado por el técnico responsable.
K. Proyecto de etiqueta	Etiqueta para aprobación por la Autoridad Competente.
L. Declaración de vida útil	Especificación de las condiciones de almacenamiento bajo las cuales el producto se mantiene estable, expresada en días, semanas, meses o años.
M. Están lar analítico	Análisis para alimentos medicados, según lo requiera la Autoridad Competente.
N. Documento legal (contrato de maquila)	Contrato entre el titular del registro y la empresa que fabrica el producto, si es distinto al titular.
O. Muestra del producto	Muestra no mayor a 10 Kg, sellada por el fabricante, con empaque original, cuando lo requiera la Autoridad Competente.
P. Comprobante de pago	Comprobante de pago por el servicio de registro sanitario, si corresponde.

5.3 Procesos de manufactura

Una vez que se ha verificado la disponibilidad de la infraestructura requerida y se han obtenido los permisos regulatorios necesarios, el productor puede iniciar el procesamiento de las larvas de *Hermetia illucens*.

5.3.1 Recibo de materia prima

Al recibir la materia prima, el productor debe asegurarse de que esta cumpla con las condiciones y requisitos de calidad e inocuidad necesarios, los cuales se detallan en el Cuadro VII.

Cuadro VI. Requisitos para la recepción de larvas de *Hermetia illucens*.

Criterio	Descripción
Condiciones sanitarias	Las larvas deben estar limpias y libres de material extraño, como tierra, y exentas de plagas, insectos o parásitos.
Aspectos físicos	Las larvas deben estar enteras, sin signos de daño o descomposición, y presentar el color y olor característicos.
Contaminantes químicos	Las larvas deben estar libres de pesticidas y otros residuos químicos.
Uniformidad	Las larvas deben tener uniformidad en tamaño y peso según las especificaciones requeridas.
Condiciones de transporte	Las larvas deben ser transportadas en condiciones higiénicas con control de temperatura y humedad.
Documentación	Verificar documentación que incluya información sobre origen, certificación de calidad del producto y registros de transporte.
Peligros biológicos y físicos	Deben de estar libres de microorganismos patógenos y material extraño.

5.3.2 Elaboración de larvas deshidratadas

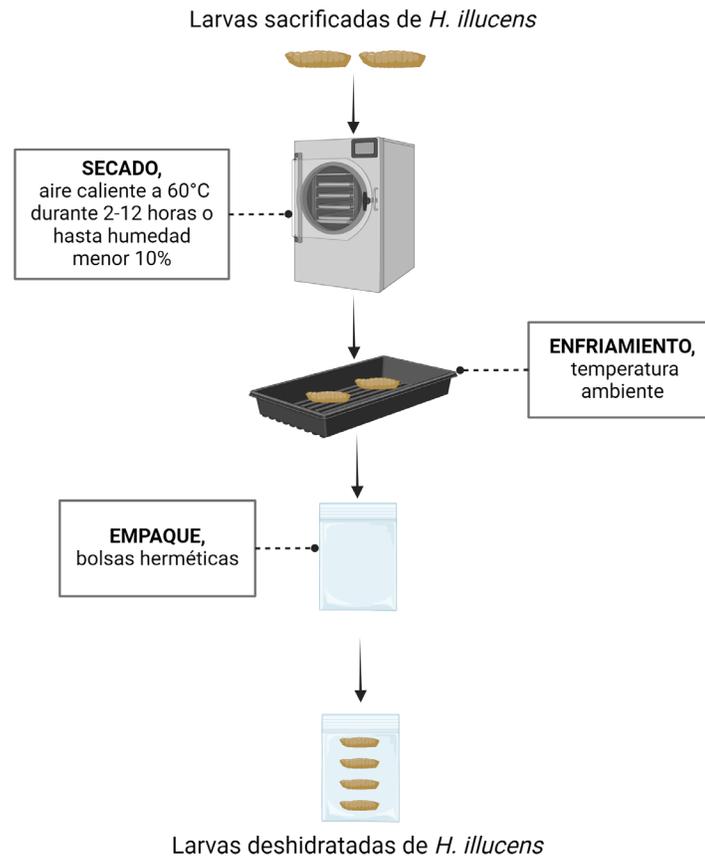


Figura 6. Diagrama de proceso para la elaboración de larvas *H. illucens* deshidratadas.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se puede observar la descripción de cada una de las etapas involucradas en el proceso de elaboración de este producto.

Cuadro VII. Descripción de etapas del proceso de elaboración de larvas de *H. illucens* deshidratadas.

Etapas	Descripción
Condiciones previas	Realizar escaldado de las larvas (a 100°C por 1 minuto) si no hubo tratamiento térmico durante el sacrificio (Turck et al., 2022). Descongelar las larvas si ya fueron tratados térmicamente y vienen congelados.

Etapas

Descripción

Secado

Secar las larvas con aire caliente en un horno a una temperatura superior a 60°C durante un periodo de 2 a 12 horas, hasta alcanzar un contenido de humedad menor o igual a 10% (Bermúdez-Serrano y Sánchez-Velázquez, 2023).

Estas condiciones evitan la pérdida de nutrientes valiosos y previene la cocción o quema de las larvas, ya que la intensidad del tratamiento térmico puede afectar las propiedades fisicoquímicas dependiendo de la temperatura y el tiempo de secado (Son et al., 2023).

Enfriamiento

Dejar enfriar las larvas a temperatura ambiente después del secado.

Empaque

Empacar las larvas deshidratadas en bolsas herméticas para proteger el producto de la humedad y el oxígeno.



Figura 7. Larvas de *Hermetia illucens* deshidratadas. Fuente: ProNuvo. (2021).

5.3.3 Elaboración del polvo de insectos

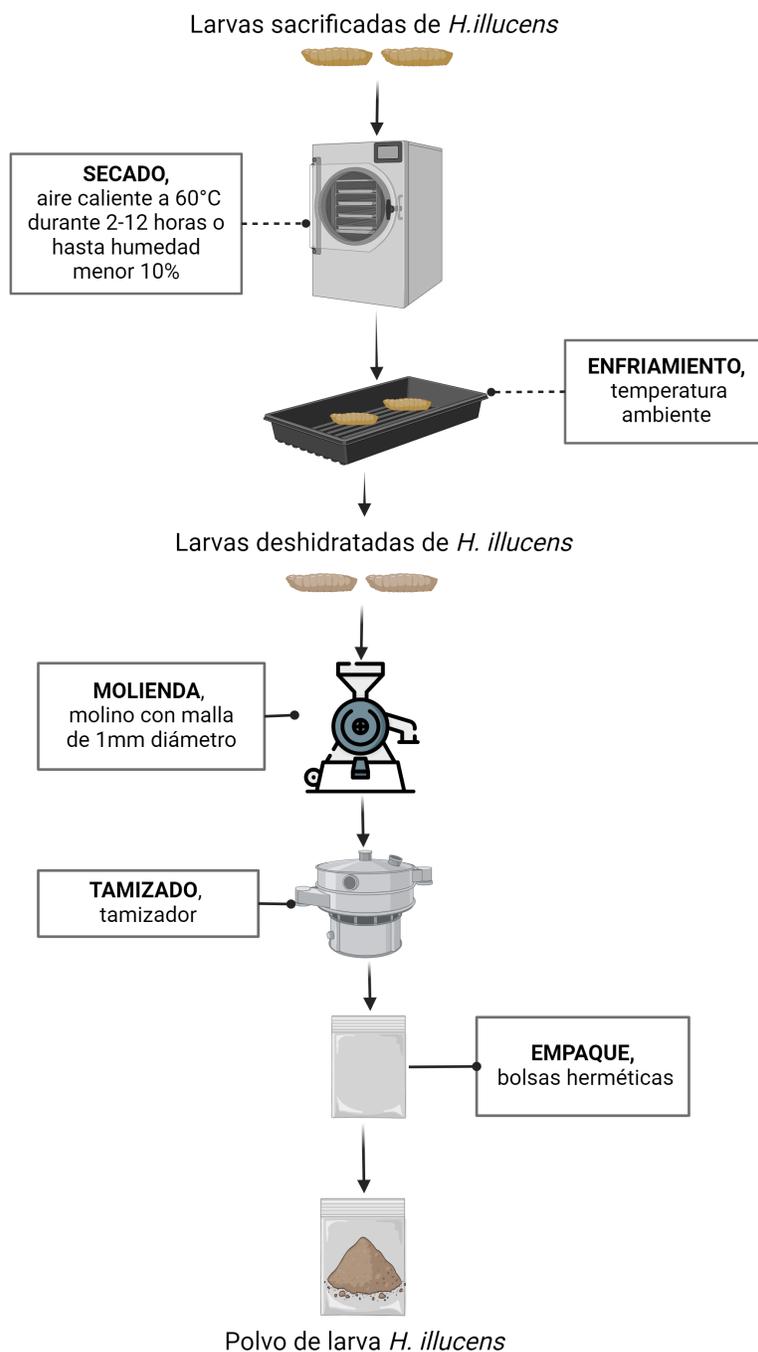


Figura 8. Diagrama de proceso para la elaboración de polvo de larvas *H. illucens*.
Fuente: Elaboración propia.

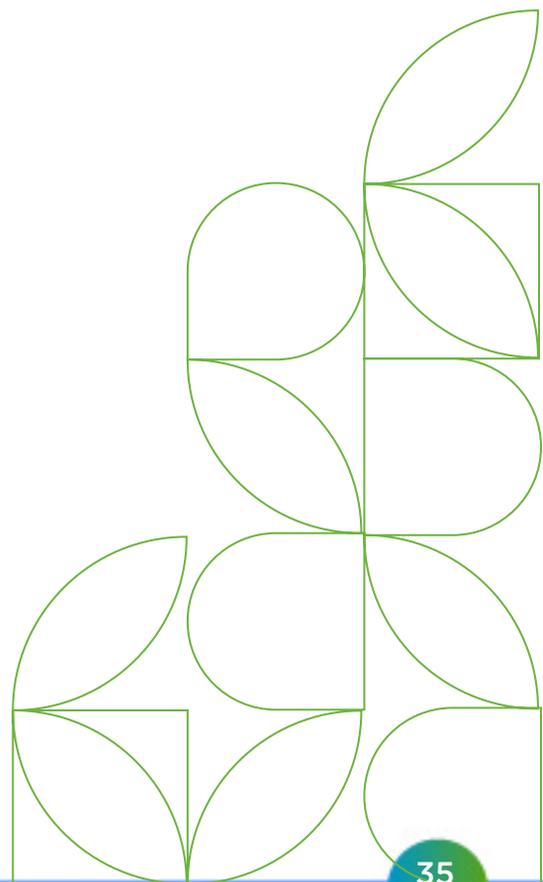
A continuación, se puede observar la descripción de cada una de las etapas involucradas en el proceso de elaboración de este producto.

Cuadro VIII. Descripción de etapas del proceso de elaboración de polvo de larvas de *H. illucens*.

Etapas	Descripción
Condiciones previas	Secar las larvas con aire caliente en un horno a una temperatura superior a 60°C durante un periodo de 2 a 12 horas, hasta alcanzar un contenido de humedad menor o igual a 10% (Bermúdez-Serrano y Sánchez-Velázquez, 2023). Realizar escaldado de las larvas (a 100°C por 1 minuto) si no hubo tratamiento térmico durante el sacrificio (Turck et al., 2022). Descongelar las larvas si ya fueron tratados térmicamente y vienen congelados.
Secado	Estas condiciones evitan la pérdida de nutrientes valiosos y previene la cocción o quema de las larvas, ya que la intensidad del tratamiento térmico puede afectar las propiedades fisicoquímicas dependiendo de la temperatura y el tiempo de secado (Son et al., 2023).
Enfriamiento	Dejar enfriar las larvas a temperatura ambiente después del secado.
Molienda	Las larvas deshidratadas se muelen en un molino hasta obtener el polvo deseado. Se aconseja utilizar un molino de martillos con una abertura de 1mm para este proceso (Atehortua, 2023).
Tamizado	Realizar un tamizado para eliminar partículas no deseadas y evitar la formación de grumos antes del empaque.
Empaque	Empacar el polvo en un empaque adecuado que proteja contra la luz, humedad y oxígeno, asegurando la calidad del producto final.



Figura 9. Polvo de larva de *Hermetia illucens*. Fuente: ProNuvo. (2020).



5.3.4 Elaboración de aceite

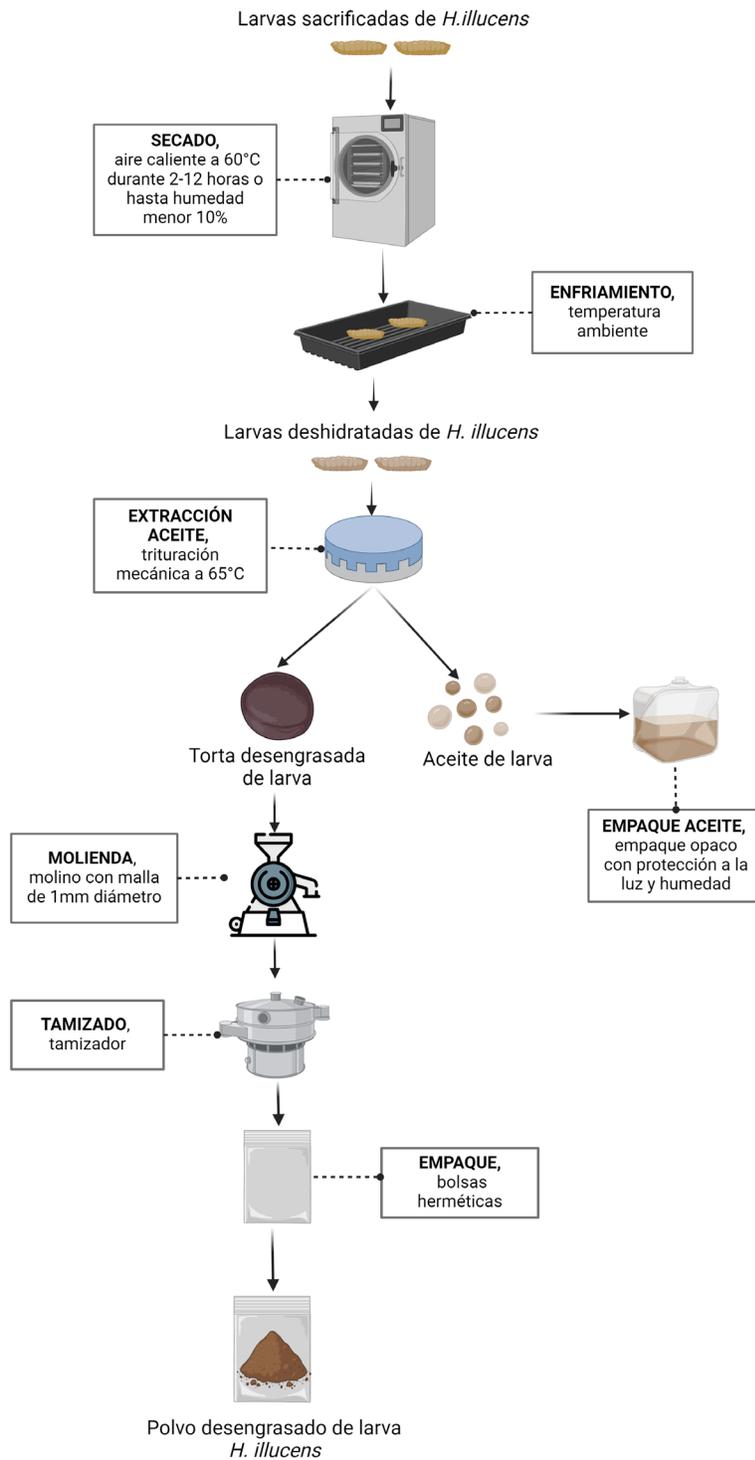


Figura 10. Diagrama de proceso para la elaboración de aceite y polvo desengrasado de larvas *H. illucens*. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se puede observar la descripción de cada una de las etapas involucradas en el proceso de elaboración de este producto.

Cuadro IX. Descripción de etapas del proceso de elaboración de aceite y polvo desengrasado de larvas de *H. illucens*.

Etapas	Descripción
Condiciones previas	Realizar escaldado de las larvas (a 100°C por 1 minuto) si no hubo tratamiento térmico durante el sacrificio (Turck et al., 2022). Descongelar las larvas si ya fueron tratados térmicamente y vienen congelados.
Secado	Secar las larvas con aire caliente en un horno a una temperatura superior a 60°C durante un periodo de 2 a 12 horas, hasta alcanzar un contenido de humedad menor o igual a 10% (Bermúdez-Serrano y Sánchez-Velázquez, 2023). Estas condiciones evitan la pérdida de nutrientes valiosos y previene la cocción o quema de las larvas, ya que la intensidad del tratamiento térmico puede afectar las propiedades fisicoquímicas dependiendo de la temperatura y el tiempo de secado (Son et al., 2023).
Enfriamiento	Dejar enfriar las larvas a temperatura ambiente después del secado.
Fraccionamiento	Las larvas deshidratadas se someten a un proceso de fraccionamiento mediante un prensado en frío a 45°C (Kierończyk et al., 2022). Separación del aceite del insecto y obtención de una torta seca desengrasada de grillos.
Empaque del aceite	Empacar el aceite en un envase específico que proteja contra la luz, humedad y oxígeno.

Etapas	Descripción
Molienda de la torta	Las larvas deshidratadas se muelen en un molino hasta obtener el polvo deseado. Se aconseja utilizar un molino de martillos con una abertura de 1mm para este proceso (Atehortua, 2023).
Tamizado del polvo	Realizar un tamizado para eliminar partículas no deseadas y evitar la formación de grumos antes del empaque.
Empaque del polvo	Empacar el polvo en un empaque adecuado que proteja contra la luz, humedad y oxígeno, asegurando la calidad del producto final.



Figura 11. Aceite de larva de *Hermetia illucens*. Fuente: ProNuvo. (2020).

5.3.5 Empaque y etiquetado

Según EAWAG (2021), los empaques para productos como las larvas deshidratadas y el aceite de larva deben ser herméticos al aire y a la luz, impermeables y resistentes al agua. Además, deben mantener un nivel de humedad bajo, con desecantes preenvasados añadidos en algunos casos. Los empaques completamente sellados garantizan que el producto cumpla con los parámetros de calidad e inocuidad esperados.

Al seleccionar el material de empaque para productos elaborados a partir de *H. illucens*, el objetivo principal es proteger el producto del oxígeno y la humedad para evitar la oxidación de las grasas y preservar su calidad. Por ello, se recomiendan los siguientes materiales según el tipo de producto:

Para las larvas deshidratadas:

1. Cubos de polipropileno copolímero.
2. Tarros cilíndricos de polietileno de alta densidad con tapa roscada.
3. Bolsas doypack de papel Kraft, con o sin ventana, y cierre hermético.
4. Bolsas metalizadas con cierre hermético y zipper.

Para el polvo de larva:

1. Bolsas de Polietileno Tereftalato/polietileno (PET/PE) de plástico laminado flexible.
2. Bolsas doypack de papel Kraft, con o sin ventana, y cierre hermético.
3. Bolsas metalizadas con cierre hermético y zipper.
4. Sacos tejidos de polipropileno de 25kg

Para el aceite de larva, para protegerlo de la oxidación por la luz:

1. Botellas de vidrio ámbar.
2. Frascos de Polietileno Tereftalato (PET) ámbar.

La elección del material de empaque dependerá de la disponibilidad para el productor y de los requisitos específicos indicados por el cliente.

Con respecto al etiquetado general, este debe cumplir con las normativas establecidas en el Reglamento para el Control de la Elaboración y Expendio de Alimentos para Animales N° 16899-MAG del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica y el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 65.05.52:11 Productos utilizados en alimentación animal y establecimientos. Requisitos de Registro Sanitario y Control. A continuación, se presenta un cuadro resumen con la información esencial que debe incluir:

Cuadro X. Requisitos de etiquetado para alimentos para animales según el Reglamento N° 16899-MAG del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.

Etapas	Descripción
A) Peso neto	Peso neto en kilogramos.
B) Nombre comercial	Nombre comercial del producto, especie animal y función para la que se destina.
c) Certificado de análisis	Incluye: <ul style="list-style-type: none">• Porcentaje máximo de humedad.• Porcentaje mínimo de proteína cruda.• Porcentaje máximo de proteína equivalente de nitrógeno no proteico.• Porcentaje mínimo de extracto etéreo.• Porcentaje máximo de fibra cruda.• Contenido mínimo de energía calculada.• Minerales y vitaminas garantizados en la etiqueta.

Etapas	Descripción
d) Listado de materias primas	Enumerando todos los ingredientes utilizados en el producto, con el ingrediente principal en primer lugar.
e) Instrucciones de uso	Incluyendo la cantidad recomendada por ración, la frecuencia de alimentación y si el producto debe mezclarse con otros alimentos.
f) Información del fabricante	Nombre, dirección postal y teléfono del fabricante o persona responsable de distribuir el alimento.

g) Número de lote, fecha de fabricación y fecha de expiración, (día/mes/año)*

h) Condiciones de almacenamiento

*En cuanto a la vida útil o vida en anaquel que debe reportarse en la etiqueta del producto, no existe una información definitiva sobre un tiempo específico, ya que este dependerá de la composición particular del producto final obtenido por cada productor y de las condiciones del procesamiento. Por lo tanto, cada productor debe realizar su propio estudio de estabilidad para determinar el período exacto de vida útil del producto, el cual debe ser indicado en la etiqueta como el intervalo de tiempo entre la fecha de fabricación y la fecha de expiración. No obstante, según la literatura, las larvas deshidratadas pueden tener una vida útil de hasta 4 meses, el polvo de larvas puede durar hasta 6 meses, y el aceite de larvas tiene una vida útil de aproximadamente 2 meses (EAWAG, 2021).

5.3.6 Almacenamiento y transporte

Debido a la baja actividad de agua (A_w) de los productos elaborados a partir de *H. illucens*, se limita la proliferación de microorganismos patógenos y el deterioro de estos alimentos. Esto hace que las larvas deshidratadas y los polvos sean estables a temperatura ambiente. Por lo tanto, para su almacenamiento, estos se pueden mantener en un lugar seco y fresco para preservar su vida útil. En cuanto al aceite, se recomienda almacenarlo en un ambiente también seco y fresco, protegido de la luz directa. La exposición a la luz puede degradar nutrientes y oxidar grasas, por lo que se aconseja utilizar empaques opacos o almacenar el aceite en lugares oscuros para mantener la calidad del producto. Además, se aplicará el principio de “el primero que llega es el primero que sale” (FIFO) para garantizar la rotación adecuada de los productos (Noyens et al., 2021).

Para el transporte de estos productos, es crucial asegurarse de que el contenedor en el que se transporta el producto esté diseñado para prevenir la contaminación cruzada. Además, el medio de transporte debe mantenerse limpio, seco, y ser específicamente adecuado para el embalaje y transporte de productos a base de *H. illucens*, garantizando la ausencia de plagas, roedores y residuos de cargas anteriores (Noyens et al., 2021).

5.4 Composición nutricional y aplicaciones de los productos

5.4.1 Composición nutricional

Según Heuel et al., 2021, y Barragan-Fonseca et al., 2017, las larvas de *Hermetia illucens* tienen una composición nutricional que las convierte en una alternativa viable para sustituir parcialmente a la soya y a la harina de pescado en dietas animales, incluyendo aves de corral. A continuación, se presenta un cuadro comparativo detallado la composición de estas tres materias primas:

Cuadro XI. Composición química del polvo de larva *H. illucens* comparado con la harina de soya y pescado para alimentación animal.

Elemento	Polvos/harinas		
	<i>Hermetia illucens</i>	Soya	Pescado
Cenizas g/100g	5.13	6.61	12.50
Proteína g/100g	40.19	48.55	60.97
Grasa g/100g	45.58	1.78	9.90
Fibra cruda g/100g	9.39	7.90	0.54
Potasio (%)	0.79	2.27	0.79
Calcio (%)	0.71	0.35	4.57
Magnesio (%)	0.14	0.32	0.20
Hierro (mg/kg)	52.67	227.55	250.00
Energía total (kcal/kg)	5576	4675	4895

Fuente: (Atehortua, 2023).

Por otra parte, se presenta la comparación del perfil nutricional de los ácidos grasos entre el aceite de soya, que tradicionalmente se utiliza en la alimentación animal, y el aceite de larva de mosca soldado negra extraído en frío.

Cuadro XII. Perfil de ácidos grasos del aceite de larva soldado negro en comparación al aceite de soya tradicional.

Componente	Aceite de soja	Aceite de LMSN
Saturados		
C10:0 Ácido Cáprico	-	2.0
C12:0 Láurico	-	314
C14:0 Mirístico	4.0	89
C16:0 Palmítico	108	163
C18:0 Esteárico	46	26
C20:0 Ácido Araquídico	1.0	2.0
Monoinsaturado		
C16:1 N7 Ácido Palmitoleico	1.0	30
C18:1 C 9 Oleico	238	122
Poliinsaturado		
C18:2 c 9 c 12 linoleico, LA	509	129
C18:3 c9c12c15 -linolénico, LNA	80	< 1,0
Omega-3 totales	75	15
Omega 6 total	509	129

Fuente: (Kieronczyk, 2022).

5.4.2 Aplicaciones de los productos

Las LMSN ofrecen diversas aplicaciones en la alimentación animal debido a su perfil nutricional y sus propiedades beneficiosas. A continuación, se detallan algunas de estas aplicaciones, recordando que esta área de la alimentación animal está en constante innovación, con nuevas aplicaciones y mercados emergentes:

- **Larvas deshidratadas:** Se utilizan principalmente para alimentar aves, como pollos de engorde y gallinas ponedoras. También se emplean en la alimentación de peces, cerdos y mascotas, proporcionando una fuente valiosa de proteínas y nutrientes.
- **Polvo de larvas:** Este producto se utiliza como suplemento proteico en piensos compuestos para peces y aves. También se incorpora en la alimentación de mascotas, rumiantes y cerdos para aumentar el contenido de proteínas y grasas saludables en sus dietas.
- **Aceite de larvas:** Se emplea comúnmente para incrementar el contenido de grasas en las dietas de aves, especialmente pollos y gallinas, así como en la alimentación de peces y mascotas, aportando ácidos grasos esenciales.

5.5 Gestión de la inocuidad y calidad durante el procesamiento

La gestión de la inocuidad y calidad en el procesamiento de productos derivados de *H. illucens* es fundamental para asegurar que el producto final sea seguro para el consumo animal. Para lograrlo, es crucial controlar tanto la humedad como la actividad de agua (aw), manteniéndolas por debajo del 5,0% y 0,6, respectivamente, durante el procesamiento y almacenamiento. Este control garantiza la estabilidad del producto, permitiendo su conservación a temperatura ambiente en un ambiente fresco, seco y bien ventilado (Yan et al., 2023).

Además, la inocuidad del producto debe ser validada mediante el análisis microbiológico de la microbiota del insecto, que no solo se encuentra en el intestino, sino que también puede introducirse durante su cría y procesamiento. Por ello, se realizan pruebas microbiológicas para identificar posibles riesgos. Organismos como la Plataforma Internacional de Insectos para Alimentos y Piensos (IPIFF) y la FAO establecen parámetros recomendados para el monitoreo microbiológico, que incluyen un límite máximo de 5×10^5 UFC/g para bacterias aerobias mesófilas, 5×10^2 UFC/g para *Escherichia coli*, y ausencia de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp. en 25 gramos de muestra. Otros límites incluyen *Bacillus cereus* (1×10^2 UFC/g), mohos y levaduras (1×10^3 UFC/g), y *Staphylococcus aureus* (1×10^2 UFC/g). Estas pruebas son esenciales para verificar que el producto cumple con los estándares de seguridad (IPIFF, 2024; FAO, 2021).

Asimismo, es fundamental monitorear parámetros químicos, como pesticidas (ej. organofosforados), metales pesados (plomo, cadmio), residuos de limpieza y desinfección, y contaminantes derivados del contacto con materiales sucios. También se deben considerar los peligros físicos, como fragmentos metálicos, vidrio, plástico, y partes del insecto, como patas.

Finalmente, es necesario revisar de manera continua las regulaciones nacionales e internacionales que rigen la producción y comercialización de productos de *H. illucens*, asegurando el cumplimiento legal. La capacitación constante del personal y la validación regular de los procesos son claves para garantizar un producto final de alta calidad y seguridad. El manejo adecuado de los peligros mencionados y de los residuos del procesamiento es esencial para asegurar la inocuidad del producto.

5.5.1 Peligros químicos y biológicos

Las larvas de la mosca soldado negra, al igual que cualquier otro alimento, no están exentos de enfrentar peligros químicos y/o biológicos durante su procesamiento, los cuales pueden representar afectaciones para la salud del animal. A continuación, se detallan los aspectos relevantes de cada peligro.

Cuadro XIII. Peligros físicos, químicos y biológicos en las larvas de *Hermetia Illucens*

Riesgo	Descripción
<p>Químico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las larvas de mosca soldado negra pueden acumular metales pesados como cadmio, mercurio, cobre y plomo, así como pesticidas y productos farmacéuticos si se crían en desechos contaminados (Bermúdez-Serrano y Sánchez-Velázquez, 2023). • No hay evidencia clara de bioacumulación de micotoxinas en las larvas (Surendra et al., 2020). • Es crucial mantener los contaminantes químicos dentro de los límites establecidos por las autoridades para evitar riesgos para la salud humana y animal (Bermúdez-Serrano & Sánchez-Velázquez, 2023). • El control de calidad del sustrato y análisis periódicos son esenciales.
<p>Biológico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La materia orgánica en descomposición puede albergar patógenos que afectan la salud animal. • El intestino de las larvas tiene un pH medio de 3 o inferior y contiene sustancias antifúngicas que combaten patógenos como <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Salmonella spp.</i>, pero no todos los patógenos son inhibidos (Chalermiamthong et al., 2023). • El polvo de las larvas puede estar contaminado con microorganismos como <i>Salmonella</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Bacillus cereus</i> (Son et al., 2023). • Es fundamental realizar secado o tratamientos térmicos para inhibir el crecimiento microbiológico y aumentar la vida útil de los productos de insectos (Bessa et al., 2021; Wynants et al., 2018). • El patrón de contaminantes varía según las dietas y los tipos de contaminantes presentes (Siddiqui et al., 2023).
<p>Físico</p>	<p>Pueden contener partes duras del exoesqueleto, como las patas, que, si no se eliminan adecuadamente, podrían causar problemas digestivos o físicos en algunos animales.</p> <p>Puede haber presencia de partículas extrañas, como fragmentos de metal, plástico o madera, que podrían haber ingresado durante el procesamiento o la manipulación del producto.</p>

Para reducir los riesgos asociados con las larvas destinadas al consumo animal, se recomienda que en términos generales que las empresas implementen medidas adecuadas de higiene en todas las etapas de producción y comercialización. Esto incluye establecer un sistema basado en el análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) por parte de los operadores involucrados en el procesamiento y comercialización.

5.5.2 Manejo de residuos

Actualmente, se está investigando a fondo el uso de las larvas de mosca soldado negra para maximizar sus beneficios. Se busca aprovechar al máximo todos los productos generados por este insecto, incluyendo su capacidad para transformar residuos orgánicos en compost de alta calidad para fines agrícolas (Bermúdez-Serrano & Sánchez-Velázquez, 2023). Entre estos productos se encuentra el “frass,” o excremento de las larvas, que puede ser empacado y vendido como abono orgánico, siempre y cuando se someta a un tratamiento térmico previo para reducir su carga microbiana. Este enfoque es altamente beneficioso, ya que el frass se presenta como una alternativa ideal a los fertilizantes agroquímicos (Bermúdez-Serrano & Sánchez-Velázquez, 2023). Además, el frass puede contribuir a la reducción de patógenos y enfermedades en las plantas debido a su alto contenido de quitina (Van Huis, 2020). La quitina también tiene aplicaciones potenciales en la industria de la salud, alimentaria, cosmética y agrícola.

Es fundamental garantizar un manejo adecuado de estos residuos al retirarlos de la cría y del proceso de producción. Aunque los procesos para elaborar productos a base de larvas no representan grandes riesgos para la salud de los trabajadores, es esencial que se cuente con la indumentaria y el equipo de protección adecuados. Los operarios deben seguir estrictamente las medidas de seguridad y manejar y almacenar los residuos orgánicos de manera segura para evitar contaminaciones cruzadas y proteger la salud de todos los involucrados (EAWAG, 2021).

6. Consideraciones finales

Este manual está diseñado para guiar a quienes desean establecer una granja para la producción y procesamiento de *Hermetia illucens*. La cría de estos insectos ofrece una oportunidad valiosa para diversificar la oferta de productos tanto en los mercados nacionales como internacionales. Además, este sector emergente está en constante evolución, creando nuevas posibilidades no solo para la alimentación animal, sino también para la alimentación humana.

La producción de insectos representa una alternativa ecológica a las fuentes tradicionales de proteínas, con un menor impacto ambiental. Asimismo, puede contribuir significativamente a la diversificación económica y al fortalecimiento de las comunidades rurales que buscan desarrollar esta línea de productos.

7. Agradecimientos

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a Allan Jiménez Leiton de ESANS y a la empresa PRONUVO, Costa Rica, por otorgarnos una valiosa entrevista sobre la cría y el procesamiento de la mosca soldado negra. Agradecemos también a PRONUVO por brindarnos la oportunidad de visitar sus instalaciones. Su disposición para colaborar con la academia es sumamente apreciada y ha contribuido significativamente al avance del conocimiento en este campo.

8. Glosario

En esta sección se presenta un glosario de términos clave utilizados en el documento.

- **Alérgenos:** Es una sustancia que puede provocar una reacción alérgica en personas susceptibles y puede estar presente en ciertos alimentos.
- **Calidad:** Conjunto de características que aseguran que un producto de alimentación animal sea adecuado, seguro y efectivo para su nutrición, incluyendo factores como su apariencia, textura, palatabilidad (grato al paladar) y valor nutricional.
- **Cohorte:** Conjunto de individuos con edades similares, nacidos en un intervalo de tiempo cercano entre sí.
- **Frass:** Es una mezcla de heces y restos de alimento no consumido por el insecto durante su desarrollo. Este subproducto se utiliza como fertilizante orgánico.
- **Inocuidad:** Garantía de que el alimento es seguro para la alimentación animal y, por ende, para los seres humanos que consumen productos derivados de esos animales.
- **Pie de cría:** Grupo inicial de insectos utilizado para establecer y mantener la producción de estos.
- **Patógenos:** Se define como cualquier microorganismo (bacterias, hongos, etc) que puede causar enfermedades en los seres humanos cuando se consume el alimento contaminado.
- **Sustrato:** Es el alimento que se le brinda al insecto para su crecimiento y desarrollo.

9. Referencia

1. Atehortua, M. (2023). Valor nutritivo de la harina de larva de *Hermetia* (*Hermetia illucens* (L.)) y su empleo en la alimentación de pollos de engorde [Por el grado de maestría]. Universidad de Zamorano, Honduras <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/172d70fd-2735-4329-9bff-dece9085ea5a/content>
2. Barragan-Fonseca, K., Dicke, M., & Van Loon, J. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal Of Insects As Food And Feed*, 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/jiff2016.0055>
3. Bermúdez-Serrano, I. M., & Sánchez-Velázquez, O. A. (2023). Comprehensive utilization of the Black Soldier Fly: Bioconversion, sustainability, and emerging challenges. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 571-590. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.047>
4. Bessa, L. W., Pieterse, E., Marais, J., Dhanani, K., & Hoffman, L. C. (2021). Food Safety of Consuming Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae: Microbial, Heavy Metal and Cross-Reactive Allergen Risks. *Foods*, 10(8), 1934. <https://doi.org/10.3390/foods10081934>
5. Bradley, S. W., & Sheppard, D. C. (1984). House fly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *Journal of Chemical Ecology*, 10(6), 853-859. <https://doi.org/10.1007/BF00987968>
6. Burron, S., Dulude, C., McCorkell, T. C., Darani, P. S., Cieslar, S., DeVries, T., Estey, J., Koutsos, E., Adams, D., Modica, B., & Shoveller, A. K. (2024). Whole dried black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae are acceptable, palatable, and do not negatively affect health when fed to healthy, adult horses at low inclusion rates. *Animal Feed Science And Technology*, 314, 116000. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116000>
7. Cerisuelo, A., Rojo, S., Martínez-Talaván, A., Cano, C. Piquer, L., Belloumi, D., Martínez, M. & Gómez, E.A. (2024). ¿Qué hay de nuevo en el uso de larvas de mosca soldado negra para alimentación de pollos broiler?. *Revista Avium*, 9. <https://www.portalveterinaria.com/avicultura/articulos/43418/que-hay-de-nuevo-en-el-uso-de-larvas-de-mosca-soldado-negra-para-alimentacion-de-pollos-i-broiler-i.html>
8. Chalermliamthong. S., Trail, P., Walle, R. & Motis, T. (2023). TN #99 Producción de larvas de mosca soldado negra. *Echo Community*. <https://www.echocommunity.org/es/resources/86a8212a-a048-41c6-ab31-536c11e75ac>
9. Chang, S. Y., Kim, K. H., Lee, B. K., Lee, J. H., Oh, H. J., An, J. W., Song, D. C., Cho, H. A., Park, S. H., Jeon, K. H., Chun, J. Y., & Cho, J. H. (2024). Defatted or hydrolyzed black soldier fly larvae have sufficient potential as an alternative to fishmeal for weaned pigs. *Animal Feed Science And Technology*, 116003. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116003>

10. Chia, S. Y., Tanga, C. M., Khamis, F. M., Mohamed, S. A., Salifu, D., Sevgan, S., Fiaboe, K. K. M., Niassy, S., van Loon, J. J. A., Dicke, M., & Ekesi, S. (2018). Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. PLoS ONE, 13(11), e0206097. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206097>
11. Erickson, M. C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., & Doyle, M. P. (2004). Reduction of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica serovar enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. Journal of Food Protection, 67(4), 685-690. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.685>
12. Faostat, F. (2016). Organización agrícola de la división de estadística de las naciones unidas. Departamento de Desarrollo Económico y Social, Roma, Italia. Disponible en línea: <http://faostat3.fao.org/home/E>
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. FAO, 1, <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb4094en>
14. Hernández-Álvarez, A., Mondor, M., Piña-Domínguez, I., Sánchez-Velázquez, O., & Lalanne, G. M. (2021). Drying technologies for edible insects and their derived ingredients. Drying Technology, 39(13), 1991-2009. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1915796>
15. Heuel, M., Sandrock, C., Leiber, F., Mathys, A., Gold, M., Zurbrügg, C., Gangnat, I. D., Kreuzer, M., & Terranova, M. (2021). Black soldier fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens. Poultry Science, 100(4), 101034. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101034>
16. IPIFF, International Platform of Insects for food and feed. (2019). Guidance: the provision of food information to consumers, edible insect-based products. <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/09/FIC-doc.pdf>
17. IPIFF, International Platform of Insects for food and feed. (2022). EU Legislation. <https://ipiff.org/insects-eu-legislation/>
18. Kierończyk, B., Sypniewski, J., Mikołajczak, Z., Rawski, M., Pruszyńska-Oszmałek, E., Sassek, M., Kołodziejki, P., & Józefiak, D. (2022). Replacement of soybean oil with cold-extracted fat from *Hermetia illucens* in young turkey diets: Effects on performance, nutrient digestibility, selected organ measurements, meat and liver tissue traits, intestinal microbiota modulation, and physiological and immunological status. Animal Feed Science And Technology, 286, 115210. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115210>
19. Kröncke, N., Grebenteuch, S., Keil, C., Demtröder, S., Kroh, L., Thünemann, A. F., Benning, R., & Haase, H. (2019). Effect of Different Drying Methods on Nutrient Quality of the Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.). Insects, 10(4), 84. <https://doi.org/10.3390/insects10040084>

20. Liu, Z., Najar-Rodriguez, A. J., Minor, M. A., Hedderley, D. I., & Morel, P. C. H. (2020). Mating success of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), under four artificial light sources. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 205, 111815. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.111815>
21. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Reglamento para el Control de la Elaboración y Expendio de Alimentos para Animales. <https://www.mag.go.cr/legislacion/1986/de-16899.pdf>
22. Noyens, I., Miert, S. V., Brombach, C., Rossi, M., Haas, N., Beckman, M., Alvarez, C., Neves, E., Naranjo-Guevara, N., Garrelts, K., Floto-Stammen, S. & Roosen, M. (2021). Packaging, storage and shelf life analysis. Interreg North-West Europe Valusect. https://vb.nweurope.eu/media/17902/literature-review_packaging-storage-and-shelf-life-analysis.pdf
23. Park, K., Kim, W., Kim, E., Choi, J.-Y., & Kim, S.-H. (2016, diciembre 1). Effect of adult population density on egg production in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). | *International Journal of Industrial Entomology & Biomaterials* | EBSCOhost. <https://doi.org/10.7852/ijie.2016.33.2.92>
24. Pomareda, F. (2023, 04 septiembre). Inauguran planta de producción de alimento para animales a base de larvas de mosca de soldado negro en Pococí. Seminario Universidad. <https://semanariouniversidad.com/pais/inauguran-planta-de-produccion-de-alimento-para-animales-a-base-de-larvas-de-mosca-de-soldado-negro-en-pococi/>
25. Procuraduría General de la República de Costa Rica (PGR). (2008). Reglamento General para el Otorgamiento del Certificado Veterinario de Operación. N° 34859-MAG. https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=64426&nValor3=84774&strTipM=TC
26. Promoting Insect for Human Consumption & Animal Feed (IPIFF). (2024). Guide on Good Hygiene Practices. https://ipiff.org/wp-content/uploads/2024/02/Folder-IPIFF_Guide_A4_19.02.2024_black-colour.pdf
27. ProNuvo. (2020). Nuestros productos [Fotografías]. <https://pronuvo.com/eng/our-products/>
28. ProNuvo. (2024). Productos. <https://pronuvo.com/esp/productos/>
29. Romano, N., Yamamoto, F., Rawles, S. D., & Webster, C. D. (2024). Type of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae frass influences the nutritional value when included in a prepared diet for Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 589, 740946. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740946>

30. Sanitation, Water & Solid Waste for Development (EAWAG). (2021). Black Soldier Fly Biowaste Processing. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/swm/Practical_knowhow_on_BSF/BSF_Biowaste_Processing_2nd_Edition_LR.pdf
31. Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4), 695-698. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>
- Siddiqui, S. A., Fernando, I., Nisa, K., Shah, M. A., Rahayu, T., Rasool, A., & Aidoo, O. F. (2023). Effects of undesired substances and their bioaccumulation on the black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) – a literature review. *Environmental Monitoring And Assessment*, 195(7). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11186-w>
32. Siddiqui, S. A., Fernando, I., Nisa, K., Shah, M. A., Rahayu, T., Rasool, A., & Aidoo, O. F. (2023). Effects of undesired substances and their bioaccumulation on the black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) – a literature review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7), 823. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11186-wE>
33. Sogari, G., Amato, M., Biasato, I., Chiesa, S., & Gasco, L. (2019). The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. *Animals*, 9(4), 119. <https://doi.org/10.3390/ani9040119>
34. Son, J., Park, S. H., Jung, H. J., You, S. J., & Kim, B. G. (2023). Effects of Drying Methods and Blanching on Nutrient Utilization in Black Soldier Fly Larva Meals Based on In Vitro Assays for Pigs. *Animals*, 13(5), 858. <https://doi.org/10.3390/ani13050858>
35. Surendra, K., Tomberlin, J. K., Van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L. L., & Khanal, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management*, 117, 58-80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>
36. Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhäuser-Berthold, M., Poulsen, M., Prieto Maradona, M., Schlatter, J.R., van Loveren, H., Azzollini, D. & Knutsen, H.K. (2022). Safety of partially defatted house cricket (*Acheta domesticus*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 20,5. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7258>

37. Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhäuser-Berthold, M., Poulsen, M., Prieto Maradona, M., Schlatter, J.R., van Loveren, H., Azzollini, D. & Knutsen, H.K. (2022). Safety of partially defatted house cricket (*Acheta domesticus*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 20,5. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7258>
38. Van Huis, A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal Of Insects As Food And Feed*, 6(1), 27-44. <https://doi.org/10.3920/jiff2019.0017>
39. Veldkamp, T., & Bosch, G. (2015). Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Fronteras Animales*, 5(2), 45-50. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0019>
40. Veldkamp, T., Claeys, J., Haenen, O.L.M., van Loon J.J.A. y Spranghers, T. (2022). *The Basics of Edible Insect Rearing*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 278 pp. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-902-2>
41. Wynants, E., Frooninckx, L., Crauwels, S., Verreth, C., De Smet, J., Sandrock, C., Wohlfahrt, J., Van Schelt, J., Depraetere, S., Lievens, B., Van Miert, S., Claes, J., & Van Campenhout, L. (2018). Assessing the Microbiota of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Reared on Organic Waste Streams on Four Different Locations at Laboratory and Large Scale. *Microbial Ecology*, 77(4), 913-930. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1286-x>
42. Yan, X., Laurent, S., Hue, I., Cabon, S., Grua-Priol, J., Jury, V., Federighi, M., & Boué, G. (2023). Quality of *Tenebrio molitor* Powders: Effects of Four Processes on Microbiological Quality and Physicochemical Factors. *Foods*, 12(3), 572. <https://doi.org/10.3390/foods12030572>



Centro Nacional de
Ciencia y Tecnología
de Alimentos

