

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE (*Hermetia illuscens*, Linnaeus, 1758) EN SAN PABLO TEPETZINGO, PUEBLA, MÉXICO

PRODUCTION PARAMETERS OF (*Hermetia illuscens*, Linnaeus, 1758) IN SAN PABLO TEPETZINGO, PUEBLA, MEXICO

Juárez Cortéz J. A.^{1,2}, Utrera Quintana F.¹, Francisco Francisco N.², León de la Rocha J. F.², Cruz-Aviña J. R.^{1*}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Carr. Tecamachalco-Cañada Morelos Km. 7.5, El Salado, CP 75460 Tecamachalco, Puebla, México. ²Universidad Tecnológica de Tehuacán Prolongación de la 14 sur No. 1101 San Pablo Tepetzingo, 75859 Tehuacán, Puebla, México.

*Autor de correspondencia: juan.cruzavina@correo.buap.mx

Recibido: 25/julio/2023

Aceptado: 05/enero/2024

RESUMEN

En los últimos años ha llamado la atención el potencial biotecnológico que representa la producción de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), por su calidad proteínica ácidos grasos y su capacidad para degradar desperdicios, haciéndola una opción de producción animal sostenible. El objetivo de este estudio fue definir los parámetros de producción a nivel de escala (pruebas fisicoquímicas pH, T °C, Humedad, luminosidad, alimentación etc.) en condiciones de laboratorio en el TECNM campus Tehuacán (San Pablo Tepetzingo), Puebla, de la misma forma se definieron rangos de operación, el sistema de incubación, técnica de eclosión, técnica de conteo y sustrato de iniciación. Para el sistema de cultivo se explicó la construcción de un modelo a escala de laboratorio el cual cuenta con un sistema de control de temperatura y humedad relativa, densidad larval, relación C/N y acondicionamiento del sustrato. El diseño experimental utilizado fue de bloque completamente al azar el cual consto de 3 ensayos con 3 repeticiones y testigos. Se utilizó ANOVA y Tukey, los resultados obtuvimos denotan una eclosión a escala de 255 a 333 a moscas en óptimas

condiciones, con ($CV\% = 1.836$ y $DSH = 7.228$). Por lo que se concluye que el acondicionamiento productivo en esta zona de estudio es factible a nivel escala.

Palabras clave: *Biomasa de dípteros, mosca soldado negra, proteína de insectos.*

ABSTRACT

In recent years, the biotechnological potential represented by the production of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) has attracted attention due to its protein quality, fatty acids and its ability to degrade waste, making it an option for sustainable animal production. The objective of this study was to define the production parameters at scale level (physicochemical tests pH, T° C, Humidity, luminosity, feeding, etc.) under laboratory conditions at the TT campus San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, of the same The operating ranges, incubation system, hatching technique, counting technique and initiation substrate were defined. For the cultivation system, the construction of a laboratory-scale model was explained, which has a control system for temperature and relative humidity, larval density, C/N ratio and substrate conditioning. The experimental design used was a completely randomized block which consisted of 3 trials with 3 repetitions and controls. ANOVA and Tukey were used, the results we obtained denote an hatching on a scale of 255 to 333 to flies in optimal conditions, with ($CV\% = 1.836$ and $DSH = 7.228$). Therefore, it is concluded that productive conditioning in this study area is feasible at a scale level.

Key words: *Dipteran biomass, black soldier fly, insect protein*

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, la búsqueda de alternativas proteicas para la alimentación humana y animal ha cobrado mayor importancia en el mundo. Uno de los desafíos más grandes del sector pecuario para el 2050 es duplicar la producción actual de carne (Loredo, 2022). Sin embargo, problemas como el cambio climático y la capacidad limitada de los recursos naturales del planeta frenan el cumplimiento de este objetivo (Pariente, 2022). Hasta el momento las fuentes proteicas que más se utilizan en la elaboración de balanceados son la harina de soya y harina de pescado (Loredo, 2022); sin embargo, su sobreexplotación está generando graves repercusiones medioambientales. Entre los organismos que presentan alto contenido de proteína están los

insectos, entre ellos la que más se destaca es la especie *H. illucens* (mosca soldado negra), las larvas de este insecto, son de gran importancia económica por su capacidad para digerir desechos orgánicos y transformarlos en biomasa de alto valor nutricional: proteína (35-62%), grasa (35%), calcio (5%) y fósforo (1.5%) (Muñoz y Parada, 2022). A su vez, las larvas de *H. illucens* son de gran interés para el manejo de los desechos agroindustriales, por su capacidad para reducir entre un 40 a 60% del volumen inicial y reciclar los nutrientes de la materia orgánica evitando o disminuyendo la emisión de malos olores (Singh y Kumari, 2019). Otra cualidad relevante de esta especie es que restringe el desarrollo de organismos patógenos como *Escherichia coli* (Díclaro y Kaufman, 2009) y *Salmonella enterica* presentes en el estiércol de aves de corral (Juárez, 2020). A su vez la especie funciona como controlador biológico de la mosca común (*Musca domestica*) por su acción repelente frente a la ovoposición (Arango-Gutiérrez et al., 2004).

Biología de la especie

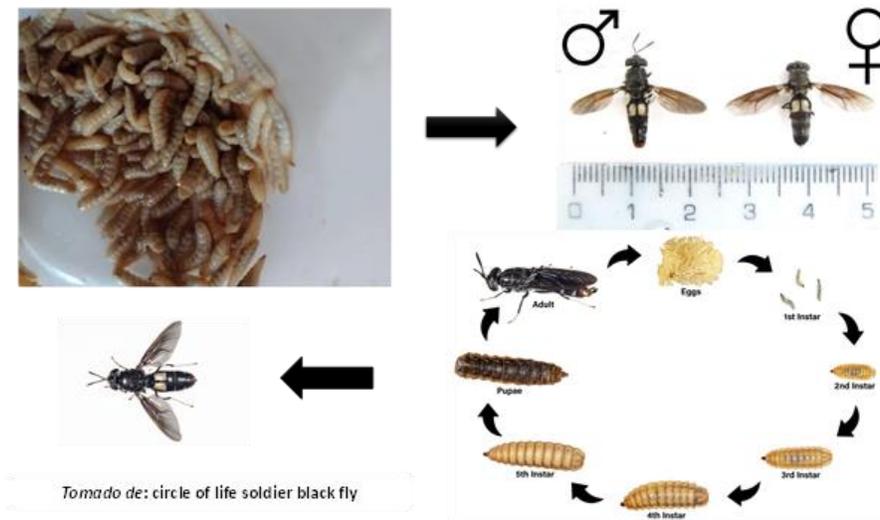
Hermetia illucens es un insecto hemíptero de metamorfosis completa. Su ciclo de vida está conformado por las etapas de: huevo, larva, pupa y adulto; empieza cuando la hembra deposita alrededor de 500 huevecillos sobre sitios secos, como grietas o hendiduras cerca de la fuente de alimentación (Arango-Gutiérrez et al., 2004). Los huevos son de color blanco cremoso, miden 1 (mm) de longitud (L), y tardan alrededor de cuatro días en eclosionar con temperaturas entre 20 y 30°C (Hawkinson, 2005). Las larvas se alimentan de materia orgánica en descomposición como: frutas, vegetales, carroña y estiércol; pasan por cinco estadios larvales durante un periodo de 15 días o más (Singh y Kumari, 2019). Larvas del último estadio también conocidas como prepupas detienen el proceso de alimentación para trasladarse a un sitio seco y seguro para pupar. Posteriormente a los 15 días emergen los adultos y uno o dos días después ocurre el apareamiento (Díclaro y Kaufman, 2009). Cabe recalcar que la duración del ciclo biológico depende de factores ambientales como: temperatura y humedad relativa, así como de la calidad de alimento disponible para las larvas (Arango-Gutiérrez et al., 2004), **Figura 1**.

Parámetros productivos

Los factores abióticos como la temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), la humedad relativa, la luz natural o artificial y otros factores como el pH y la aireación, son agentes que influyen en gran medida en la

oviposición y el desarrollo de las larvas, al contar con las condiciones adecuadas permite un aumento en la eficiencia del tratamiento de las moscas soldado negro, así como el crecimiento y desarrollo de la especie (Muñoz y Parada, 2022).

Figura 1. Ciclo de vida de *Hermetia illucens*, con sus diferentes etapas productivas desde huevo, larvas (diferentes fases) hasta adultos, macho y hembra.



Fuente: <https://extension.entm.purdue.edu/publication>, 2023.

Humedad relativa

La humedad relativa (aire) puede tener un importante efecto fisiológico, afectando al desarrollo, longevidad y la oviposición de la *H. illucens*, pues de esta depende la supervivencia debido a que la presencia del contenido de humedad puede dificultar la velocidad de descomposición de los residuos con que se alimenta, siendo su rango óptimo para el desarrollo de (50% a 90%), (Muñoz y Parada, 2022), por tanto se realizó una búsqueda bibliográfica centrada en la humedad óptima.

Tabla 1.

Tabla 1.- Porcentajes (%) de humedad relativa (HR) óptimos de cultivo de *Hermetia illucens* recopilados en la bibliografía.

Artículo	(% HR) óptima	Cita
----------	---------------	------

Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Edition Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology	80%	Dortmans B.M.A., Egger J., Diener S., Zurbrügg C. "Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Edition" Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland [Accedido:12-oct-2021]
Low-cost technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly	60-70%	Dennis. B, Benson. M, Nicholas. K and others "Low- cost technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly" Waste Management, Volume 119, January 2021
Bioconversion efficiencies, greenhouse gas and ammonia emissions during black soldier fly rearing e A mass balance approach	70±5%	Alejandro Parodi, Imke J.M. De Boer, Walter J.J. Gerrits, "Bioconversion efficiencies, greenhouse gas and ammonia emissions during black soldier fly rearing e A mass balance approach", Animal Production System Group Wageningen University, [Accedido: 10-sept-2021]
Biotransformación de residuos orgánicos a partir del manejo ex situ de <i>Hermetia illucens</i> (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae) como una alternativa para la gestión sostenible de los desechos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito	80±5%	Jonnathan. M, "Biotransformación de residuos orgánicos a partir del manejo ex situ de <i>Hermetia illucens</i> (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae) como una alternativa para la gestión sostenible de los desechos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito "Universidad Central del Ecuador, 2021

Fuente: elaboración propia

Temperatura

Al igual que en la mayor parte de los insectos, la temperatura (T °C) afecta directamente el crecimiento y desarrollo de las etapas preliminares, independientemente la disponibilidad de alimento, el desarrollo de un insecto se puede describir mediante una curva de rendimiento térmico, donde las temperaturas mínima y máxima se denominan umbrales de desarrollo y cuando los insectos se enfrentan a entornos fuera del umbral de desarrollo este se alentiza o detiene. La temperatura óptima para el desarrollo biológico de la larva de mosca soldado negro *H. illucens* está en un rango de 24-29 °C donde su temperatura óptima está ubicada en 27 °C permitiéndoles metabolizar diferentes nutrientes de la materia en descomposición convirtiéndose en especies euritermas (Muñoz y Parada, 2022) a continuación la búsqueda de temperaturas óptimas en bibliografía. **Tabla 2.**

Tabla 2.- *Temperaturas (T ° C) de óptimas de cultivo de Hermetia illuscens recopilados en la bibliografía.*

Artículo	Temperatura Óptima (T °C)	Cita
Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Edition Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology	24-30 ° C	Dortmans B.M.A., Egger J., Diener S., Zurbrügg C. " <i>Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Edition</i> " Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland [Accedido: 12-oct-2021]
Greenhouse gas emissions from small- scale fly larvae composting with <i>Hermetia illucens</i>	37 ° C	E. Ermolaev, C. Lalander, B. Vinnerås, " <i>Greenhouse gas emissions from small-scale flylarvae composting with Hermetia illucens</i> ", Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Department of Energy and Technology, Uppsala, Sweden [Accedido: 10- sept-2021]
Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldierfly bioconversion	35 ° C	Jack Y.K. Cheng, Sam L.H. Chiu, Irene M.C. Lo, " <i>Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion</i> ", Department of Civil and Environmental Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, China. [Accedido: 12-oct-2021]
Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) <i>Hermetia illucens</i> , Stratiomyidae	25-38°C	D. Carusco, E. Devic, I. W Subamia, P. Talamond, E. Baras " <i>Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) Hermetia illucens, Stratiomyidae</i> ", Abril 2014.
Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes - A comprehensive review	27-28°C	Sunil. K, Suraj. N, Ashootosh. M, Ran. V.S and Athar. H, " <i>Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes - A comprehensive review</i> " Journal of Environmental Management, Volume 227, 1 December 2018

Fuente: *elaboración propia.*

Aireación

El contenido suministrado de oxígeno por medio de la aireación, debe considerarse de gran importancia para asegurar que el crecimiento de las larvas de mosca solado negro no se vea afectado negativamente por la tasa de conversión de los residuos. Haciendo uso de herramientas ingenieriles, se puede construir un ambiente adecuado para la digestión de los residuos por parte de las larvas. Manipular el contenido de aireación puede traer efectos significativos en el desarrollo de las larvas, pues se encontró que el aumento en la tasa de aireación genera un ajuste

lineal del peso de las larvas y del rendimiento. El peso y rendimiento larvario máximo alcanzado en bibliografía es del 95% con una aireación de 0.57 y 0.05 mL/min de aire seco (Aliaga-Campos, 2019).

pH

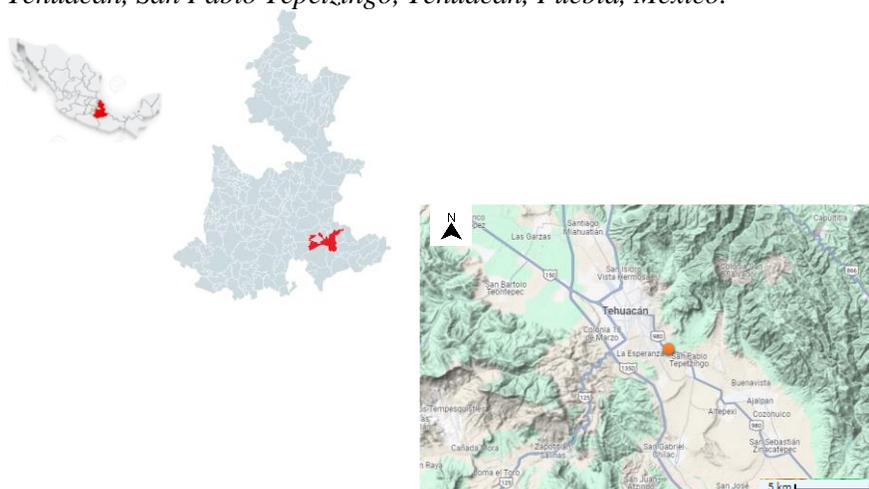
El pH es un factor intrínseco que afecta al ciclo de vida y a la supervivencia de la larva, varios estudios revelan que un (pH ≥ 6) es óptimo para el desarrollo y el crecimiento de la larva, no obstante el estudio sobre el efecto del pH es limitado pues algunos estudios muestran que las larvas de (*H. illucens*) son capaces de regular el (pH hasta 9) en lixiviados orgánicos, sin embargo esto tiene una relación estricta con la densidad de las larvas. Además de ello el impacto de diferentes niveles de pH en el desarrollo larvario señalan que un (pH $\geq 6-10$) es más apropiado para el crecimiento larvario teniendo así mayores pesos en comparación con larvas sometidas a (pH=4), de igual manera diferentes estudios aclaran que las larvas son capaces de regular (pH 8-8.5) pero no el sustrato altamente ácido. Por todo lo anterior el objetivo de este trabajo fue el determinar los parámetros productivos en los parámetros ambientales para su producción a nivel de escala en San Pablo Tepetzingo, Tehuacán Puebla, México, durante el periodo de febrero 2022-febrero 2023

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Producción Entomológica de la Universidad Tecnológica de Tehuacán, San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, México (18°24' 53'' N, - 97° 20' 28'' W) a 1403 m. s.n.m. [metros sobre el nivel del mar] **Figura 2.**

Figura 2. Localización geográfica Laboratorio de Producción Entomológica de la Universidad Tecnológica de Tehuacán, San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, México.



Fuente: elaboración propia.

Obtención de ejemplares

2500 larvas de *Hermetia illucens* fueron adquiridas por un proveedor certificado en Cuernavaca Morelos, México (<https://www.ocompra.com/mexico/item/alimento-vivo-para-reptil-50-larvas-mosca-soldado-negro-bsf-903003027/>)

Acondicionamiento

Las larvas de la mosca se establecieron en el laboratorio de producción de Insectos (LPI UTT) en el ciclo invierno-primavera 2022, acondicionando el laboratorio, se establecieron alrededor de 450 larvas, al principio se consiguieron recipientes donde se colocarían los sustratos y las larvas. Se colocaron en recipientes de plástico (L (large)=35 cm x H (height)=25 cm y W (width)=15 cm) con tapa hermética con zeolita como sustrato y un higrómetro (Walfront HT-86) como alimento se agregó plátano macho en descomposición (70% de humedad). Como sustrato se utilizaron bloques de cartón corrugado formados por cuatro capas de 2.5 x 5 cm adheridos con pegamento escolar. Los bloques se colocaron dentro del balde, sujetándolos a una altura de 5 cm. Por encima del sustrato.

Eclosión

El acondicionamiento para la eclosión de las larvas conto con lo siguiente se colocó dentro de un prototipo de invernadero el cual previamente se cubrió con plástico y cartulinas negra ya que las larvas deben estar en oscuridad total de igual forma se colocó un extractor para disminuir el olor a descomposición que estas generan dentro del laboratorio y prevenir la aparición del mosquito de la fruta las primeras moscas aparecieron el día 28 de febrero del 2022 dentro de esta área se colocaron los sustratos que contenían las larvas que estaban en su proceso de eclosión, se colocó agua ya que estas solo consumen agua igualmente se colocaron plantas para ayudar a disminuir la humedad, así como también se colocaron cartones de huevo para que estas puedan ovipositar, el área fue de (X= 91 cm, Y= 62 cm, y Z= 64 cm).

Automatización del área

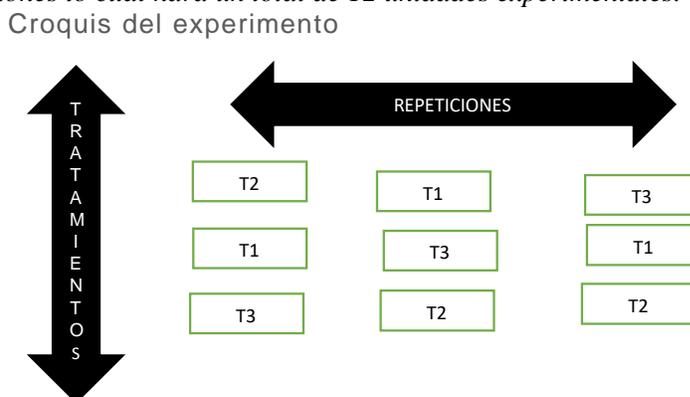
Para el proceso de automatización se ocuparon diferentes equipos conforme a su función y desempeño, además de garantizar una buena conexión entre ellos. Se utilizó un módulo Central (CPU//Arduino), un sensor de temperatura (Arduino DHT11// con rango (0-50 °C, precisión 25 °C \pm 2 °C), resolución 1°C 8-bit), un sensor de humedad (Arduino DHT11// con rango 20-90% RH, precisión 0-50°C \pm 5 RH, resolución 1% RH), diferentes ventiladores, lámpara LED y 2 extractores. El equipo se implementó de la siguiente forma: se colocó un Timmer digital (Alfametric[®]), una lámpara LED que emite luz que desde los (380 - 800 nm) con una eficiencia eléctrica (PPFD) de 958 $\mu\text{mol/s/m}^2$, utilizada 18 h luz y 6 h de oscuridad, además se utilizó un Arduino1 , un protoboard y dos elevadores los cuales controlaban la bomba y así mantenían la humedad relativa mayor a 68 % y el ventilador de emergencia para la temperatura ($t \geq 29$ °C), este solo funciona durante el día, (Arduino//DHT11) <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>.

Diseño experimental

Se empleó el Diseño experimental de Bloque Completamente al Azar (DCA) el cual consto de 3 ensayos y 3 repeticiones lo cual hará un total de 09 unidades experimentales (Rodríguez et al., 2006). A los resultados se le aplico el análisis de varianza ANOVA univariado (F y P <0.05). Para

la prueba de significancia se realizó prueba de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), mediante el programa estadístico SAS versión 9.4. **Figura 3**

Figura 3. Se empleó el Diseño experimental de Bloque Completamente al Azar (DBCA) el cual consto de 3 ensayos y 3 repeticiones lo cual hará un total de 12 unidades experimentales.



Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación relacionada con los ingredientes alternativos sigue siendo uno de los temas de mayor relevancia en la búsqueda de una producción animal sostenible (Muñoz y Parada, 2022). El valor nutricional de la harina de mosca soldado negra es comparable o superior al de pescado o soya, a diferencia de la harina de sangre ésta no tiene límites de inclusión en la dieta, por lo que este producto tiene gran potencial como alternativa a las fuentes proteicas tradicionales, de ahí la importancia en su producción a nivel escala en San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, para su futura implementación en animales cultivados a nivel de escala de laboratorio en el Tecnológico de Tehuacán (TT).

Condiciones favorables para el desarrollo de *H. illucens*

A partir de información generada se determinaron las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de *H. illucens* utilizando como alimento mezclas de [estiércol de gallina (gallinaza) 50% y restos de frutas-vegetales (plátano macho, plátano, naranja, sandía, melón, lechuga, brócoli) 50%], **Tabla 3.**

Tabla 3. Condiciones ambientales y tiempo de desarrollo para el ciclo biológico de *H. illucens* en San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, México.

Fase	Temperatura (°C)	Humedad ambiental (HA %)	Tiempo (días, 24 h)
Huevo	25 ± 5	50-70	3-4
Larva	27± 3	40-80	18-20
Pupa	25 ± 5	50-80	7-9
Adulto	22 ± 5	40-70	10

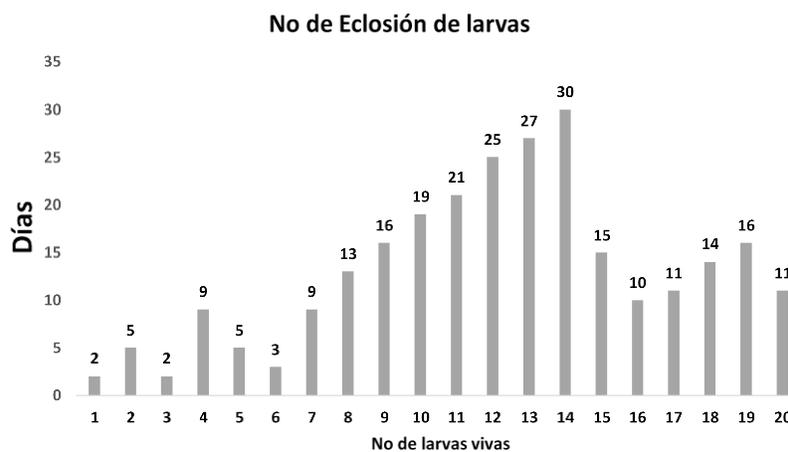
Fuente: elaboración propia.

Producción de huevecillos

La mejor forma para el suministro de agua fue utilizando un atomizador hasta que el higrómetro marcara la lectura correcta (Panchana y Rodríguez, 2023).

Para atraer la oviposición, se colocaron los residuos orgánicos en un balde de plástico de 4 l [litros]. Los desechos deben estar húmedos para evitar la ovoposición directa. Para asegurarse de que los huevos recientes, se colectaron diario en horario de (8:00 am) y (16:00 pm) h [horas]. **Figura 4.**

Figura 4. Gráfico donde se muestra la eclosión de las larvas, especificando nacimientos/ día hasta un total de 300 eclosiones de larvas.



Fuente: elaboración propia.

prepupa, pupa y mosca se puede lograr en la comunidad de San Pablo Tepetzingo controlando los factores más importantes que son la temperatura ($T^{\circ}\text{C} = 22 \pm 5$), humedad relativa (HR=60-80%), humedad de suelo, (DSH=55 -80%) y luz artificial (380 a 490 nm y de 630 a 800 nm) *H. illucens*.

Mortalidad de moscas por día

Para estimar la mortalidad de las moscas se utilizó ANOVA ($p \leq 0.05$) y su prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) (Panchana y Rodríguez, 2023), **Tabla 4**.

Tabla 4. Experimento, pruebas y tratamientos para estimar mortandad y supervivencia de *Hermetia illucens*, bajo condiciones de producción en San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, México.

Tx	Mortandad	Supervivencia
1	92.92 b	255.333 a ***
2	90.01 b	251.211 a ***
3	94.00 b	259.121 a ***
DSH	7.228	
CV%	1.836	
PR>F	<.0001	

Fuente: elaboración propia.

Relación C/N (Carbono/Nitrógeno)

Como se refirió con anterioridad, dentro del diseño de experimento la relación C/N fue constante con relación entre la cantidad de energía (carbono) y la cantidad de bloques constituidos (proteína y aminoácidos). Sin embargo, con el fin de cuantificar relación C/N para que las larvas se desarrollen de mejor manera, se utilizaron 4 diferentes proporciones de sustrato entre residuos orgánicos. La primera proporción fue 100 % sustrato de plátano macho, la segunda proporción fue 75 % de plátano macho y 25 % de residuos de otras frutas y verduras, la tercera fue del 50 % de plátano macho y 50 de restos vegetales y por último de 25 % de plátano macho y 75 % de restos vegetales. Sin embargo, no existió diferencia significativa en estos alimentos con respecto a la eficiencia de nacimientos o de mortandad de la mosca negra soldado.

CONCLUSIONES

Con base al estudio realizado se puede concluir que se han determinado eficientemente los parámetros productivos para la crianza de mosca soldado negra en la (UTT) de San Pablo

Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, México, desde la fase de larva, respondió positivamente a estímulos ambientales salvo la luz artificial LED la cual fue insuficiente. Dentro de las recomendaciones es importante mencionar que, para cada fase de producción, es necesario contar con el espacio *Ad Hoc* para su correcto desarrollo, por tanto es necesario el acondicionamiento o enriquecimiento con plantas para que puedan descansar las moscas, adicionalmente es necesario acercar una fuente de agua que funcione como sistema de capilaridad o absorción de malos olores y brindar bienestar productivo a esta mosca en particular.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor quiere agradecer a todos y cada uno de los estudiantes participantes en este proyecto.

REFERENCIAS

Aliaga Campos, L. M. (2019). Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta de producción de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) Tesis Universidad de Montoya, Perú, 97 pp.

Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (Diptera: stratiomyiidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491-2500.

Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste management*, 35, 68-80.

Cummins, V.C., Rawles, S.D., Thompson, K.R., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J., Webster, C.D., (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture* 473, 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.02.022>.

Diclaro II, J. W., & Kaufman, P. E. (2009). Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae) Universidad de Florida, *EDIS* (7): 1-4.

Hawkinson, L. E., & Davis Tribble, B. L. (2019). Implementation of an early care and education partnership: Perspectives of diverse stakeholders. *Early Education and Development*, 30(8), 1009-1028.

Panchana Matute, G. A., & Ramírez Velasco, O. J. (2023). *Bioconversión de desechos vegetales de mercados pertenecientes a la red municipal de guayaquil mediante la sinergia de la mosca soldado-negra (Hermetia illucens) y la lombriz californiana (Eisenia foetida)* (Bachelor's thesis).

Programar fácil (2022), Cómo utilizar el sensor DHT11 para medir la temperatura y humedad con Arduino <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>.

Loredo, M. G. S. (2022) Futuro de la producción de alimentos en la era de la sostenibilidad. En *Nexo agua y energía en la implementación de los objetivos del desarrollo sostenible*, No 74 Universidad de Guadalajara, 171pp.

Muñoz Granada, L. M., & Parada Esquivel, M. S. (2022). *Definición de las condiciones de operación para la producción de larva de mosca soldado negra (Hermetia Illucens)* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Martín Pariente, P. (2022). La carne falsa ¿presente o futuro? Un análisis nutricional y económico Tesis, Universidad de Valladolid, España, 42pp.

Juárez, L. F. (2020). Uso de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) para alimentación de gallinas ponedoras: Revisión de Literatura (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2020).

Singh, A., & Kumari, K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251, 109569.

Rodríguez D, Cantor F, Bustos A. (2006). Lo que los biólogos deberían conocer para analizar sus datos experimentales. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 3:189-209.