

06

RENDIMIENTO

**DE LARVAS DE MOSCAS EN VARIAS COSECHAS CON TRES
PROPORCIONES DE SALVADO DE TRIGO Y GALLINAZA**

RENDIMIENTO

DE LARVAS DE MOSCAS EN VARIAS COSECHAS CON TRES PROPORCIONES DE SALVADO DE TRIGO Y GALLINAZA

YIELD OF LARVAE OF FLIES IN SEVERAL CROPS WITH THREE PROPORTION OF WHEAT BRAND AND HENS FEACES

Enrique Casanovas-Cosío¹

E-mail: ecasanovas@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5884-3922>

Reina Reyna-Reyes¹

E-mail: rdreyes@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8294-6806>

Nelson Valladares-Enriquez²

E-mail: njvenriquez@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6954-7747>

Alexis Suárez del Villar-Labastida³

E-mail: alexissuarezdelvillar@uti.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9330-8597>

Ana Álvarez-Sánchez³

E-mail: anaalvarez@uti.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1102-3753>

¹ Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cuba.

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México.

³ Universidad Tecnológica Indoamérica. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Casanovas-Cosío, E., Reyna-Reyes, R., Valladares-Enriquez, N., Suárez del Villar-Labastida, A., & Álvarez-Sánchez, A. (2024). Rendimiento de larvas de moscas en varias cosechas con tres proporciones de salvado de trigo y gallinaza. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(S1), 60-70.

RESUMEN

Con el objetivo de comparar los rendimientos de larvas de moscas en varias cosechas en un diseño de bloques al azar con tres tratamientos: A- salvado de trigo 100 %; B- salvado de trigo 50% y gallinaza 50 %; C- 100% gallinaza en magentas a tres centímetros de altura de los sustratos, con cinco réplicas, se realizaron además las siguientes mediciones: temperatura de los sustratos, temperatura y humedad relativa ambiente dentro del moscario, cada 24 horas. La temperatura en los sustratos se comportó entre los 22,88 °C y 36,08 °C, siempre por encima de la temperatura ambiental en el moscario, y humedad relativa entre 44 y 68 %. Se utilizó 32,91; 30,29 y 32,19 L de agua por metro cuadrado para los tratamientos A, B y C, respectivamente. El mayor rendimiento de larvas se obtuvo en la primera cosecha a los seis días para el tratamiento B con 2290,59 g m⁻² y 112,07 g kg⁻². La transformación de la proteína bruta de los sustratos por las larvas de moscas estuvo entre 28,0 y 37,0 %. No se observó presencia de agentes patógenos (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, y *Coccidia*) en los tratamientos, ni en las larvas cosechadas.

Palabras clave:

Agua, insectos, proteína alternativa, residuos orgánicos, sustratos.

ABSTRACT

With the objective of comparing the yields of fly larvae in several crops in a randomized block design with three treatments: A- 100% wheat bran; B- wheat bran 50% and chicken manure 50%; C- 100% chicken manure in magenta at three centimeters high from the substrates, with five replicates, the following measurements were also carried out: temperature of the substrates, temperature and relative ambient humidity inside the fly, every 24 hours. The temperature in the substrates ranged between 22.88 °C and 36.08 °C, always above the ambient temperature in the fly, and relative humidity between 44 and 68%. 32.91 was used; 30.29 and 32.19 L of water per square meter for treatments A, B and C, respectively. The highest larval yield was obtained in the first harvest after six days for treatment B with 2290.59 g m⁻² and 112.07 g kg⁻². The transformation of the crude protein of the substrates by the fly larvae was between 28.0 and 37.0%. No presence of pathogenic agents (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, and *Coccidia*) was observed in the treatments, nor in the harvested larvae.

Keywords:

Water, insects, alternative protein, organic residues, substrates.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la demanda de alimentos está sufriendo cambios nunca vistos con anterioridad, que conlleva un enorme aumento de la demanda de materias primas necesarias para fabricación de concentrados (Rubio, 2015), que para la producción ganadera los requerimientos de granos necesitan aproximadamente un 35 % de la producción global de los cultivos (Foley et al., 2011).

A su vez, aumentan los desechos de la agricultura, que una solución sería el uso de los insectos para su transformación con beneficios, tanto nutricionales como ambientales, con proteínas seguras, baratas y sustentables (Pino, 2018; Lähteenmäki-Uutela et al., 2021). Estos insectos producen una pequeña huella ecológica y una alta eficiencia en indicadores de conversión alimenticia, además, pueden crecer rápidamente reproduciéndose con facilidad en desechos orgánicos, estiércol de baja calidad, desechos de frutas entre otros (Wang et al., 2013).

Aunque existen investigaciones con el uso de insectos para la reutilización de desechos, con énfasis en los estiércoles de cerdo y pollo (Ossey et al., 2012); aún es necesario estudiar la importancia de factores como: temperatura, humedad, composición de los mismos, primordialmente a escala de laboratorio y escala semi industrial (Pastor et al., 2015).

Entre los insectos con más investigaciones se encuentra: *Hermetia illucens* L. (Soldado negro), *Tenebrio Molitor* L. (Gusano de la harina) para la conversión de desechos en alimento animal con sus larvas, pero su reproducción es más complicada que la de la *Musca domestica* L. (Mosca común).

En sistemas de ovoposición natural, para la mosca doméstica, los sustratos combinados por estiércoles pocas veces se han comparado y los resultados disponibles son variables (Koné et al., 2017). La bioconversión de tres tipos de estiércoles en la alimentación de larvas de moscas domésticas ha demostrado los mejores resultados con el estiércol de aves (Miranda et al., 2020).

Un sustrato de relativamente bajo precio y subproducto de la molinería de la industria del trigo, conocido como salvado de trigo, ha proporcionado aceptables rendimientos de larvas de mosca doméstica según Hussein et al. (2017); Koné et al. (2017); Sanou et al. (2019); Casanovas et al. (2020).

No obstante, los resultados encontrados manifiestan la producción de larvas de moscas para una única y/o primera cosecha, que sugiere conocer la eficiencia posterior después de una primera cosecha de las larvas.

Además, para ello es necesario valorar varias proporciones de las heces fecales de aves ponedoras/gallinaza con el salvado de trigo. Estos resultados pueden orientar a pequeños productores en la utilización de estos desechos para la suplementación de pequeños animales.

Por ellos se planteó como objetivo comparar los rendimientos de larvas de moscas en varias cosechas con tres proporciones de salvado de trigo y gallinaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en el patio situado en Calle 89, número 1809 entre 18 y 20, en la zona suburbana de la ciudad de Cienfuegos, Cuba, en el período de octubre a noviembre, en una nave de techo de zinc (3,80 m de largo por 2,72 m de ancho y 2,05 m de altura), rodeada de malla metálica con orificios de 1 cm.

2. Características del larvario

En la nave fue ubicado el larvario, en una mesa de 1 m de largo, 60 cm de ancho y 85 cm de alto, donde se situaron las vasijas (magentas) de propileno con un área de 81,6 cm² y una altura de 9 cm, de la cual se utilizó hasta tres cm de altura, para la producción de las larvas con los diferentes sustratos.

3. Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental de bloques al azar con cinco réplicas, donde cada magenta se consideró una unidad experimental, para los siguientes tratamientos, compuestos por diferentes proporciones a tres centímetros de altura: A- salvado de trigo 100 %; B- salvado de trigo 50% y gallinaza 50 %; C- 100% gallinaza

4. Preparación y mantenimiento de los sustratos

La gallinaza se tomó directamente de una granja de gallinas ponedoras clínicamente sanas, alimentadas con concentrado comercial. La misma fue expuesta al sol para reducir el contenido de materia seca, hasta que se obtuvo un contenido de materia seca del 85 %. Se empleó una bandeja protegida con una malla antiáfido para evitar la contaminación por insectos. El salvado de trigo se obtuvo de un convenista porcino, con un contenido de materia seca de 85 %.

Cada sustrato fue humedecido con agua potable hasta formar una mezcla homogénea semisólida. La adición del agua se realizó todos los días en el horario de la mañana. Además, se removían diariamente todos los sustratos después de humedecidos y se midió la cantidad de agua adicionada con una jeringuilla graduada en mililitros, para cada sustrato, siempre teniendo en cuenta llegar a una estructura visual semisólida.

5. Mediciones

Para el período, se realizaron las siguientes mediciones diariamente para cada réplica de cada tratamiento en el horario de la mañana (08:00 a 09:00 H): temperatura de los sustratos con termómetros marca Skalenwert 0,5 K PGW 002, en grados centígrados (°C); con un higrómetro

digital la temperatura ambiente (°C) y humedad relativa dentro del moscario y los valores mínimos y máximos 24 horas anterior a este horario. La masa de cada sustrato se pesó (g) en una balanza digital con un margen de error de cinco gramos antes de montar el experimento. El agua utilizada se midió al inicio del experimento con una probeta graduada en ml. Los días que se removieron con un tenedor y humedecieron los sustratos, se midió la cantidad de agua en ml, con una jeringuilla graduada.

Para cosechar las larvas se tuvo en cuenta que estuvieran en su tercer estadio, con una talla mayor de 8 mm, medida con una regla. Las cosechas se distribuyeron de la siguiente manera: 1ª al 6º día, 2ª 9º día, 3ª 12 día y 4ª al 14 día de comenzado el experimento, que no se continuó porque no se observó aumento de larvas de moscas visualmente en las magentas.

En cada cosecha se procedió al conteo de las mismas para cada sustrato. De cada conteo se tomaron 20 larvas al azar replicadas tres veces para conocer el peso promedio de una larva, empleando una balanza analítica marca Acculab Sartoni Group. Las larvas se trasladaron en un pote individual con un mínimo de sustrato hasta el laboratorio para evitar la deshidratación de las mismas.

El rendimiento de cada sustrato y la cantidad de agua empleada para cada cosecha y su total se estimaron de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- Rendimiento larvas (medio) g m⁻²: [(Peso total de las larvas por magentas * Cantidad de larvas por magentas) * (10000)] / (Área de magenta)
- Rendimiento larvas (medio) g kg⁻¹: [(Peso total de las larvas por magentas* Cantidad de larvas por magentas) * (1000)] / (Peso del sustrato utilizado).
- Consumo de agua (medio) ml m⁻²: (cantidad de agua) / (10000/área magenta)

5.1. Análisis bromatológico o proximal

De cada réplica, antes y después del experimento, se tomó una muestra de 500 g para enviar al Laboratorio Provincial de Medicina Veterinaria de Cienfuegos, donde se realizó el análisis proximal, según Association of Official Analytical Chemists (2005): MS (% materia seca) y PB (% proteína bruta).

Con los valores obtenidos se estimaron los aportes de proteína bruta de los sustratos antes y después de transformarse por las larvas de moscas, en gramos por kilogramo de materia seca y se obtuvieron las diferencias entre ellos.

5.2 Análisis bacteriológico y parasitológico

De cada réplica se tomó una muestra de 50 g al inicio del experimento y una del sustrato biotransformado por las larvas de mosca para los estudios bacteriológicos buscando la presencia de *Salmonella* spp. y Coliformes

fecales. También se realizó el estudio parasitológico, para ello se tomó una muestra de gallinaza para diagnosticar la presencia de Coccidia. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Provincial de Medicina Veterinaria de Cienfuegos y se emplearon los siguientes métodos:

Salmonella (Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal — Method for the Detection of *Salmonella* spp. — Reference Method (ISO 6579:2002, IDT, 2008).

Coliformes fecales (Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal — Horizontal Method for the enumeration of coliforms — Colony Count technique (ISO 4832:2006, IDT). 2010)

Coccidia. Norma Cubana de la Agricultura para la siembra bacteriológica. Métodos de ensayo, (NCAG, 1982).

6. Análisis estadísticos

Las variables creadas se asentarán en el programa estadístico IBM.SPSS v23 (2016). Se realizó un análisis de varianza. Previamente fueron corroborados los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene. Las pruebas de *post hoc* para identificar diferencias entre los tratamientos se realizaron mediante el test de Tukey. La comparación entre los contenidos de proteína bruta (g) de los sustratos, antes y después de transformados por las larvas de moscas, se realizó mediante la prueba de muestras relacionadas. Los valores de P establecidos fueron de 0,05 y 0,01.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas en cada sustrato mostraron diferencias entre ellos, y alcanzaron valores desde 22,88 °C a 36,08 °C. La temperatura ambiente dentro del moscario se comportó en un rango desde 24,2 °C hasta 28,4 °C (Figura 1).

El sustrato salvado de trigo presentó los mayores valores de temperatura con respecto a los restantes tratamientos (P<0,05) en los días 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 14, en un rango desde 35,30 °C a 24,02 °C. No obstante, en el 2º día se obtuvo la mayor temperatura (P<0,05) con 36,08 °C en la mezcla de 50 % de salvado con 50 % de gallinaza.

La temperatura en todos los sustratos estuvo por encima de la temperatura ambiente dentro del moscario (25,00 °C a 28,06 °C), con los mayores valores en los primeros cinco días, cuando los procesos fermentativos son más intensos.

Según el Instituto de Meteorología de Cienfuegos (2021), los valores de temperatura media del municipio durante la fase experimental se comportaron entre 24,3 °C y 27,9 °C y fueron mayores los valores medidos en el moscario. Este resultado se atribuye a la ubicación del larvario y sus materiales constructivos.

Según Florez et al. (2019), aunque la temperatura y la dieta inciden de manera compleja en el desarrollo de las

larvas, la temperatura induce al desarrollo larvario. A su vez, con altas temperaturas el desarrollo de los dípteros es rápido, aunque su tamaño se reduce. Ante las bajas temperaturas el desarrollo es lento, aunque tengan una buena nutrición, y pueden demorar un 90% más del tiempo de las larvas que están sometidas a una mala nutrición con altas temperaturas. Concluyen estos autores, que el desarrollo de las larvas en rangos de temperatura entre los 25 °C y 35 °C, se considera óptimo, pero temperaturas más bajas disminuyen el metabolismo.

Varios autores mencionan diferentes temperaturas óptimas para el desarrollo de las larvas de mosca doméstica. Cruz et al. (2002), indican la mejor temperatura para el desarrollo de las larvas de moscas entre 20 y 26 °C. Sin embargo, Casanovas et al. (2021), declaran en sustratos combinados de germen de maíz y cerdaza temperaturas hasta 43,0 °C, con un buen desempeño. Por lo que, la temperatura de los sustratos está dentro del rango óptimo para el desarrollo de las larvas con valores entre 22,08 °C y 36,08 °C.

La humedad relativa dentro del moscario, se comportó en el período evaluado de forma variable, con valores medios entre 44 % y 68 %; aunque se obtuvieron valores máximos en el período nocturno hasta 76 % (Figura 2). La variación de estos valores está asociada a una vaguada que estuvo influyendo principalmente durante los días del 6 al día 10 del período evaluado, con valores de 34,3 mm a 25,1 mm de precipitaciones caídas en 24 horas (Instituto de Meteorología de Cienfuegos, 2021).

Un factor determinante para el desarrollo de las larvas de moscas es la humedad, ya que estas son muy susceptibles a la deshidratación, si no hay suficiente humedad, aunque valores excesivos de la misma acarrear al ahogamiento de las larvas (Feldmeyer et al., 2008). Por ello, la temporada de lluvia favorece la producción de larvas respecto a las estaciones secas y el conocimiento de estos factores climatológicos limitantes se han de considerar para un método sostenible y de aplicación por los productores (Gafar et al., 2019).

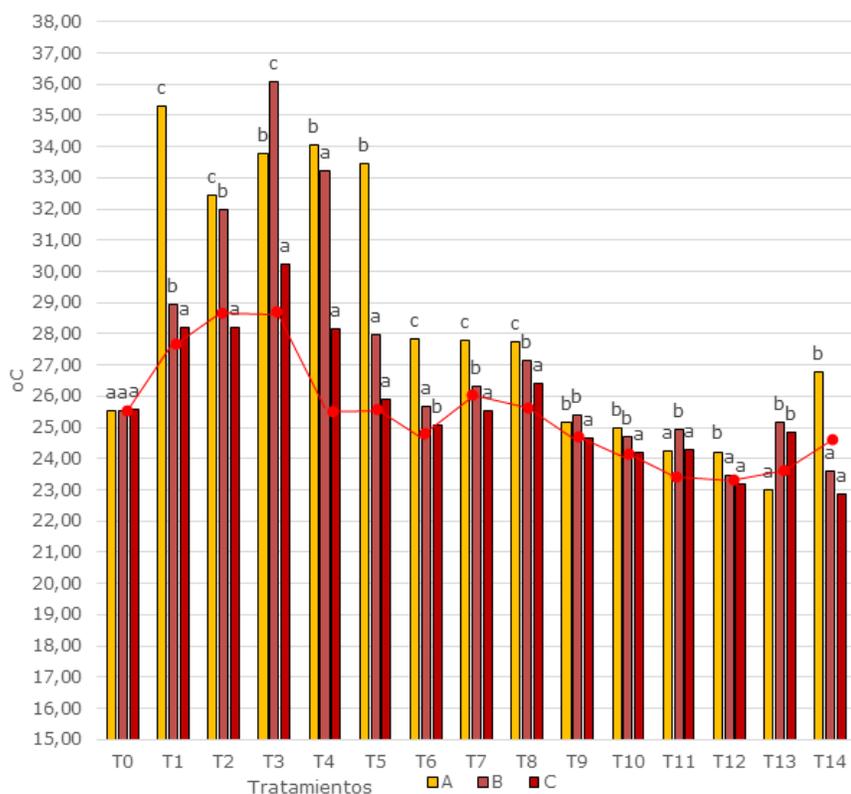


Figura 1. Comparación de las temperaturas en cada sustrato y la temperatura ambiente dentro del moscario.

Leyenda: T: Período de mediciones (24 H), Temperatura dentro del moscario

Columnas con superíndices diferentes difieren para P < 0.05 (Tukey)

La humedad relativa óptima reportada según Makkar et al. (2014), está entre los 65 y 70 % con temperaturas entre 25 y 30 °C. Sin embargo, otros autores reportan como humedad relativa óptima valores entre 70-100 % (Sequeira et al., 2001).

Aunque la humedad relativa tomada dentro del moscario, tuvo sus variaciones, fue similar a la encontrada por los mencionados autores, y no debe haber influenciado negativamente por que los sustratos se humedecieron de forma artificial cuando fue necesario.

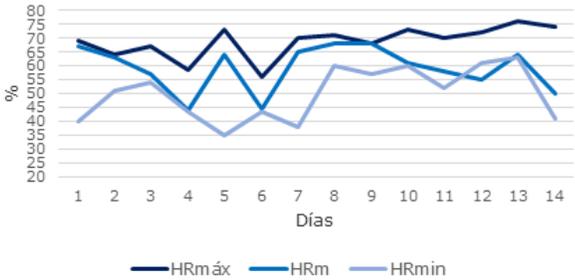


Figura 2. Comportamiento de la humedad relativa ambiental dentro del moscario-

Leyenda: HRmáx- Humedad relativa máxima; HRm- Humedad relativa media, HRmin- Humedad relativa mínima

La cantidad de agua empleada para humedecer los sustratos inicialmente fue de 192 ml en el salvado de trigo, 179 ml para 50% salvado de trigo con 50% gallinaza y 174 ml para gallinaza, resultando una proporción de 1:0,93 de agua y salvado de trigo, 1:0,92 de agua y 50% salvado de trigo con 50% de cerdaza y 1:0,91 de agua y gallinaza (Tabla 1).

Estos valores son inferiores a los expuestos por Miranda et al. (2020); y Casanovas et al. (2021), quienes desarrollaron la cría de larvas de mosca doméstica en salvado de trigo, utilizando la proporción de 1:1 de agua y salvado de trigo.

Tabla 1. Comparación de la cantidad de agua empleada por tratamientos (ml) y peso del sustrato inicial (g).

Días	Tratamientos			ES ±
	A	B	C	
1	17,00 ^a	9,80 ^b	29,40 ^c	10,70 [*]
2	12,00 ^{ab}	10,00 ^b	10,20 ^a	2,02 [*]
3	14,20 ^a	15,40 ^a	26,60 ^b	6,81 [*]
4	9,20 ^b	4,60 ^a	5,00 ^a	1,94 ^{NS}
5	15,60 ^b	14,20 ^{ab}	12,40 ^a	3,32 [*]
6	13,80 ^b	14,00 ^b	12,60 ^a	4,24 [*]
7	0,00	0,00	0,00	0,00 ^{NS}
8	0,00	0,00	0,00	0,00 ^{NS}
9	4,00 ^b	6,80 ^b	1,06 ^a	3,17 [*]
10	4,40 ^b	6,40 ^c	0,00 ^a	3,19 [*]
11	0,00	0,00	0,00	0,00 ^{NS}
12	1,28 ^a	1,24 ^a	0,00 ^a	0,60 ^{NS}
13	19,00 ^a	17,00 ^a	23,40 ^b	5,85 [*]
14	11,00 ^a	9,60 ^a	12,00 ^a	2,37 ^{NS}
Subtotal, 14 días	121,48 ^a	109,04 ^a	132,66 ^b	23,18 [*]
Día inicial, ml	192,00 ^b	179,00 ^a	174,00 ^a	8,18 [*]
Total período, ml	313,48 ^b	288,04 ^a	306,66 ^b	24,47 [*]
Peso sustratos, g	206 ^a	194 ^a	192 ^a	12,77 ^{NS}

Leyenda: Filas con diferentes subíndices difieren para * P<0,05, NS- No significativo (Tukey)

Durante los días 7, 8 y 11 no se adicionó agua a los sustratos porque en esas fechas la ciudad de Cienfuegos estuvo bajo la influencia de una vaguada, que propició que los sustratos estuviesen húmedos para el desarrollo de las larvas. Los tratamientos de salvado de trigo y gallinaza fueron los que más cantidad de agua necesitaron para la humectación.

La cantidad de agua por metro cuadrado con sustratos a tres cm de altura, con la inclusión del agua inicial empleada para su humectación, fue de 32,91; 30,29 y 32,19 L en las cosechas totales para los tratamientos A, B y C, respectivamente. Para la 1ª cosecha fue el 87,34 %, 90,96 % y 93,98 % con respecto al total, respectivamente. Este aspecto, del

uso del agua se debe tener en cuenta para su planificación en la producción de larvas de moscas con estos sustratos, dada la importancia de este recurso vital.

El recurso agua es vital, su actual situación e imperiosa escasez conlleva tomar medidas, para encontrar las formas de utilizarla de manera responsable y sostenible. La crianza de insectos, comparada con la de otras especies, necesita un bajo consumo de agua, ya que requiere 8000 mil veces menos agua que la crianza de ganado vacuno (Beskin et al., 2018).

Para la primera cosecha la mayor cantidad de larvas por tratamiento se obtuvo en el tratamiento basado en 50% salvado con 50% gallinaza, con valores de 1859,40 larvas promedio, y un total de 2115.00 para todas las cosechas ($P < 0,05$). A su vez, este total no difirió del valor de la cantidad de larvas del salvado (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de la cantidad de larvas por tratamientos, u.

Cosechas	Tratamientos			ES ±
	A	B	C	
1	1934,80 ^b	1859,40 ^b	893,20 ^a	617,11 *
2	73,00 ^b	88,60 ^b	42,60 ^a	32,15 *
3	69,60 ^a	85,40 ^b	40,80 ^a	31,53 *
4	65,80 ^a	81,60 ^b	43,00 ^a	33,15 *
Subtotal (2 ^a a 4 ^a , cosechas)	208,40 ^a	255,60 ^b	126,40 ^a	87,55 *
Total	2143,20 ^b	2115,00 ^b	1019,60 ^a	502,57

Leyenda: Filas con diferentes subíndices difieren para * $P < 0,05$ (Tukey)

Los porcentajes que representan la primera cosecha para cada tratamiento fueron: 90,27% para el salvado de trigo, 87,91% para el 50% salvado con 50% cerdaza y 87,60 % para la gallinaza, por lo que se sugiere que, con una cosecha inicial, se puede obtener la mayor la cantidad de larvas de moscas.

En la comparación de los pesos promedio de las larvas no hay diferencias entre los pesos entre tratamientos, las larvas presentaron un peso promedio de 0,007 g, 0,011 g y 0,008 g en los sustratos de salvado de trigo, 50% salvado con 50% gallinaza y gallinaza, respectivamente. Entre la primera y la cuarta cosecha tampoco se observaron diferencias, lo que se atribuye a que las larvas cosechadas se encontraban en el tercer estadio larvario (Tabla 3).

Otras investigaciones (Miranda et al., 2020), comparando el uso de diferentes estiércoles de animales, los mejores resultados fueron con la gallinaza, y plantean que cuando más alta sea la tasa de alimentación se obtienen mejores resultados en el peso de las larvas (4%- 16%), de la pupa (16%- 25%) y del adulto (8%- 25%).

Tabla 3. Comparación de los pesos promedio de las larvas, gramos.

Tratamientos	1 ^a Cosecha	4 ^a Cosecha
A	0,007012	0,006262
B	0,011703	0,011533
C	0,008612	0,009020
ES±	0,004216 NS	0,005001 NS

Leyenda: NS- No significativo (Tukey)

Según Koné et al. (2017), empleando varios tipos de estiércol, heces de pollos, cerdos y vacas lecheras como sustratos compuestos comprobó que los mayores valores se presentaron en el sustrato compuesto por las heces de vacas lecheras que fueron de 0,0174 a 0,0191 g por larvas. Por lo que se sugiere que la composición de los sustratos en esta investigación no influyó en el peso de las larvas.

Aunque, en investigaciones sobre el efecto de las diferentes dietas, variando las concentraciones de proteínas y de carbohidratos y evaluando su efecto en el crecimiento y composición bromatológica de las larvas *Hermetia illucens* L., se comprobó que la proteína y los carbohidratos de la dieta, afectan significativamente el peso fresco y el seco de las larvas. También se demostró que el indicador proteína de la dieta es más determinante que los carbohidratos de esta, evaluados sobre el peso fresco y seco de las larvas, lo que evidencia la composición de las larvas por el tipo de alimento, y resultando larvas más pesadas (Beniers & Graham, 2019).

Los mayores valores de rendimientos medios para la primera cosecha y todas las cosechas se obtuvo en el tratamiento B ($P < 0,05$) con valores de 2290,59 y 2586,53 (g m^{-2}) y 112,07 y 129,81 (g kg^{-1}), respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de los rendimientos medios por tratamientos.

Tratamientos	Rendimientos medios g m^{-2} 1ª Cosecha	Rendimientos medios g m^{-2} Total cosechas	Rendimientos medios, g kg^{-1} 1ª Cosecha	Rendimientos medios, g kg^{-1} Total cosechas
A	1424,52 ^b	1577,92 ^b	65,86 ^b	72,95 ^b
B	2290,59 ^c	2586,53 ^c	112,07 ^c	129,81 ^c
C	809,71 ^a	1020,43 ^a	51,28 ^a	62,63 ^a
ES±	786,23 [*]	814,15 [*]	41,08 [*]	44,51 [*]

Leyenda: Columnas con diferentes subíndices difieren para $P < 0,05$, (Tukey)

El factor rendimiento está determinado por el peso y el número de larvas, por lo que estos resultados se atribuyen a que coincide con el sustrato donde se obtuvo la mayor cantidad de larvas, ya que no se encontraron diferencias en el peso de las larvas en ninguno de los tratamientos.

Los rendimientos de la 1ª cosecha fueron siempre mayores con respecto al resto de las cosechas, con valores de 90,27, 88,55 y 79,35% en gramos por metro² para los tratamientos A, B y C, respectivamente.

Resultados inferiores reportaron Casanovas et al. (2020), donde los rendimientos de larvas de mosca en base fresca se destacaron en el sustrato salvado trigo, con valores de 830,27 g m^{-2} y 82,37 g kg^{-1} , donde coincidió que este tratamiento presentó la mayor cantidad de larvas.

Si se aumenta la cantidad de sustrato, no significa necesariamente un aumento en el rendimiento, se debe encontrar una cantidad adecuada de sustrato en función de las dimensiones de la abertura del recipiente utilizado (Gafar et al., 2019).

Según Barnard & Geden (1993), la influencia de la temperatura y la densidad, considerando la clasificación hacinamiento para las larvas, se aprecia de esta forma: Sin hacinamiento = 1 larva / g de estiércol, con hacinamiento moderado = 2,5 larvas / g de estiércol, con; hacinamiento = 5 larvas / g de estiércol. El más rápido desarrollo larvario se observó a 32 °C con una mayor variación en el tamaño de las larvas y con las mejores tasas de supervivencia sin hacinamiento.

Para este caso, la cantidad de larvas por gramo de sustrato presentó una alta densidad en los sustratos de los tratamientos A y B, con valores de 9,39 y 9,58 larvas por gramo de sustrato para la 1ª cosecha, respectivamente. Y aunque menor (4,65) en el tratamiento C, se considera alto, también.

En otras investigaciones realizadas por Hussein et al. (2017); Koné et al. (2017); y Sanou et al. (2019), también se destaca el salvado de trigo como el sustrato que produjo una mayor biomasa larvaria en comparación con otros sustratos como el estiércol vacuno y el salvado de mijo. Sus resultados se atribuyeron a que el salvado de trigo proporcione una estructura suelta, menos consistente y más aireada que los otros sustratos, que eran más compactos, con alta pérdida de humedad. Se demostró que las larvas varían el rendimiento según las características del sustrato utilizado, incluyendo el olor, la textura, tasa de descomposición, capacidad de retención de humedad y su composición química. La mayor biomasa larvaria se obtendría si son favorables las condiciones ambientales. Sin embargo, el sustrato se agotaría rápidamente favoreciendo la alcalinización del medio, creándose una competencia entre las larvas, que terminaría reduciendo la masa larval (Pieterse & Pretorius, 2013).

Se evidencia que la combinación de 50 % de salvado de trigo y 50 % de gallinaza produjo la mayor cantidad de larvas de moscas con respecto a los restantes tratamientos, que pueden ofrecer una oportunidad para el aprovechamiento de estas heces fecales, siempre y cuando el precio del salvado de trigo sea bajo. Sería necesario realizar un estudio sobre la factibilidad económica de estos resultados.

Comparación de la composición bromatológica de cada sustrato transformado por las larvas de moscas

En todos los sustratos al transformarse por las larvas de moscas se notó un decrecimiento, por kilogramo de materia seca del contenido de proteína bruta, con valores de 54,86 g en el salvado de trigo, 48,14 g en el salvado de trigo 50% con gallinaza 50%, y 52,92 g en la gallinaza ($P < 0,05$).

Esto se traduce en una proporción de conversión en proteína larval del 37,0 %, 29,5 % y 28,0 % para los tratamientos A, B y C, respectivamente. Por lo que se propone que estos valores deben haber sido incorporados a la formación de las larvas de moscas (Tabla 5). Además, aunque no se evaluó la calidad aminoacídica de la proteína, está demostrado el cambio cualitativo en la composición de las larvas de estos insectos, con un balance de aminoácidos esenciales, similar al de la harina de pescado (Gadzama & Ndudim, 2019).

Tabla 5. Comparación de los aportes de proteína bruta de los sustratos sin transformar y transformados, g.

Tratamientos	Sustratos sin transformar, Día 0	Sustratos transformados, Día 15	P
A	148,25 ± 1,85	93,39 ± 1,01	0,03 *
B	163,15 ± 1,77	115,01 ± 2,47	0,03 *
C	189,01 ± 4,10	136,09 ± 1,95	0,01 *

Leyenda: Valores medios en las mismas filas difieren para * $P < 0.05$

Se ha comprobado que las moscas domésticas reducen el nitrógeno del estiércol, por lo procesos metabólicos llevados a cabo por las bacterias, que son después la fuente principal de nutrientes de las larvas (Van Huis, 2015), que obtuvieron una reducción 7,5 a 2,6% en estiércol de aves de corral y en estiércol vacuno, de hasta un 25% sobre materia base seca (Hussein et al., 2017). Por su parte Wang et al. (2013), obtuvieron en el estiércol porcino hasta un 78%. por lo que se debe tener en cuenta el manejo de este desecho, ya que puede ser una fuente contaminante en los ecosistemas.

Un número de larvas pueden convertir una cierta cantidad de desechos de alimentos aumentando la densidad de cría, aunque cuando existe una relativa falta de alimento las larvas de mosca doméstica son capaces de emplear para su alimentación alimentos de bajo valor nutricional, como proteína vegetal y fibra cruda para sobrevivir (Cicková et al., 2015). Ello corrobora que la densidad de reproducción contribuye directamente a la tasa de conversión de sustrato; pero cuando la densidad de cría aumenta, la tasa promedio de la reducción de sustrato disminuye (Cheng et al., 2021).

Se coincide con los resultados que obtuvieron Casanovas et al. (2020), al demostrar que, en la transformación de los sustratos por las larvas, se notó un decrecimiento por kilogramo de materia seca en los contenidos de proteína bruta, con valores de 23,60 g con una proporción de conversión en proteína larval de 83,95% en sustrato de salvado de trigo.

Se concluye que, la conversión del nitrógeno, representado por la proteína bruta de los sustratos en la correspondiente a las larvas de moscas, fue aceptable respecto al encontrado en la literatura científica, con valores entre 28,0 y 37,0 %, con el mayor valor para el tratamiento de salvado de trigo 50% con gallinaza 50%.

Valoración de la inocuidad de los sustratos empleados y de las larvas de moscas producidas

Es una preocupación mundial la transmisión de enfermedades que pudieran ser transmitidas por la *Mosca domestica* por lo que están creadas regulaciones en muchos países para su control en las granjas pecuarias (Martínez et al., 2015). Aunque fue planteado por la EFSA (European Food Safety Authority) que es posible el uso de los insectos y los sustratos para la obtención de alimentos (PROteINSECT, 2016).

En los resultados de laboratorio del control bacteriológico para la evaluación de la gallinaza se identificaron colonias reductoras de la lactosa en el medio de cultivo de enriquecimiento Agar Verde Brillante; por lo que se enfrentaron al Polivalente de Salmonella resultando negativos a patógenos. Corroborando esto con la bioquímica de las colonias, resultado citrato positivo y glucosa negativo, se descarta la presencia de *Salmonella* y de *E. coli*, que indica que los sustratos biotransformados, la gallinaza y las larvas cosechadas, no mostraron presencia de agentes patógenos.

Por lo que, no se aislaron agentes patógenos (*Salmonella* y *E. coli*) en ninguna de las combinaciones de los sustratos al principio del experimento y al finalizar el mismo. Además, para la gallinaza, los resultados no arrojaron presencia de coccidia.

Similares resultados se observaron en estudios bacteriológicos en gallinaza, cuyos resultados de laboratorio mostraron que no existía presencia de Salmonella spp, tampoco se encontraron coliformes fecales en los sustratos biotransformados de germen de maíz y cerdaza, lo que se atribuyó a las temperaturas alcanzadas en el proceso de fermentación de los mismos (Casanovas et al., 2021).

Aunque la biología de la mosca doméstica ha sido bien estudiada, principalmente enfocada en el esfuerzo para su control y se consideran un vector por su comportamiento de posarse en lugares contaminados y por su capacidad migratoria (Argentina. Comisión Nacional de Sanidad Avícola, 2018), en estos resultados no existió contaminación

cruzada en ninguno de los tratamientos, ni en las larvas cosechadas.

CONCLUSIONES

La temperatura en los sustratos se comportó entre los 22,88 °C y 36,08 °C, siempre por encima de la temperatura ambiental en el moscario, con una humedad relativa entre 44 y 68 %. La cantidad de agua para metro cuadrado con sustratos fue de 32,91; 30,29 y 32,19 L para los tratamientos A, B y C, respectivamente.

El mayor rendimiento de larvas de moscas para todos los sustratos se obtuvo en la primera cosecha a los seis días con los mayores valores para el tratamiento B con 2290,59 g m⁻² y 112,07 g kg⁻¹. La transformación de la proteína bruta de los sustratos por las larvas de moscas estuvo entre 28,0 y 37,0%, con el mayor valor para el tratamiento B. No se observó presencia de agentes patógenos (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, y *Coccidia*) en los tratamientos, ni en las larvas cosechadas.

Referencias bibliográficas

- Argentina. Comisión Nacional de Sanidad Avícola. (2018). Guía de buenas prácticas: Control de plagas en establecimientos avícolas. http://WWW.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/ANIMAL/AVES/PROD_PRIMARIA/SANIDAD_ANIMAL/MANUALES/2018/manual_plagas.pdf
- Association of Official Analytical Chemists. (2005). Animal Feed AOAC / Official Methods of AOAC International. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Barnard, D., & Geden, C. (1993). Influence of larval density and temperature en poultry manure on development of the house fly (Diptera: Muscidae). *Environmental Entomology*, (22)5, 971-977. _
- Beniers, J., & Graham, J. (2019). Effect of protein and carbohydrate feed concentrations on the growth and composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(3), 193 – 199. _
- Beskin, K., Holcomd, C., Cammack, J., Crippen, T., Knap, A., Sweet, S., & Tomberlin, J. (2018). Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associate volatile emissions. *Waste Management*, 74, 213-220. _
- Casanovas, E., Perales, D., Suárez, A., Medina, D., & Hernández, R. (2020). Producción de larvas de mosca doméstica *Musca domestica* L. en diferentes sustratos. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 51(1), 1-8.
- Casanovas, E., Suárez del Villar, A., Álvarez, A., & Reyes, R. (2021). Rendimiento de larvas de moscas (*Musca domestica* L.) con diferentes proporciones de germen de maíz y heces fecales porcinas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 13-18.
- Cheng, Z., Yu, L., Li, H., Xu, X., & Yang, Z. (2021). Use of housefly (*Musca domestica* L.) larvae o bioconversion food waster for animal nutrition and organic fertilizer. *Environment Science. Pollution*, 28, 48921- 48928.
- Cicková, H, Newton, G., Lacy, R., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68-80. _
- Cruz, S., Chim, M., LOebmann, D., Reis J., & García, A. (2002). Influência da Temperatura e do Tipo de Substrato na Produção de Larvas de *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera, Muscidae). *Revista Brasileira Zootecnia*, 31(5), 1886-1889. _
- Feldmeyer, B., Kozielska, M., B, K., F, W., Beukeboom, L., & Pen, I. (2008). Climatic variation and the geographical distribution of sex-determining mechanisms in the houses fly. *Evolutionary Ecology Research*, 10(6), 797-809.
- Florez, M., Berkebile, D., Brewer, G., & Taylor D. (2019). Effects of temperature and diet in stable fly (Diptera: Muscidae) development. *Insects*, 10(207), 2-13 .
- Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Cassidy E.S., Gerber J.S., Johnston M., Mueller N.D., O'Connell C., Ray D.K., & West P.C. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337-342.
- Gadzama I. U., & Ndudim R. K. (2019). Nutritional Composition of Housefly Larvae Meal: A Sustainable Protein Source for Animal Production – A Review . *Acta Scientific Agriculture* 3 (4), 74-77. _
- Gafar, A., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulima, J., Ouedraogo, I., Nacro, S., Kenis, M., Sanon, A., & Somda, I. (2019). Production de masse de larves de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) pour l'aviculture au Burkina Faso: Analyse des facteurs déterminants en oviposition naturelle. *Journal of Applied Biosciences*, 134.
- Hussein, M., Pillai, V., Goddard, J., Park, H., Kothapalli, K., Ross, D., Ketterings, Q., Brenna, J., Milstein, M., & Marquis, H. (2017). Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. *Plos One*, 12(2) , 1-19.
- Instituto de Meteorología de Cienfuegos. (2021). Datos meteorológicos mes de octubre 2021. En formato digital. INSMET.

- Koné, N., Sylla, M., Nacambo, S., & Kenis, M. (2017). Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3), 177-186.
- Lähteenmäki-Uutela, A., Marimuthu, S., & Meijer, N. (2021). Regulations on insects as food and feed: a global comparison. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 849-856.
- Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State of the art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33
- Martínez, A., Arriola, L., & Sahagún, A. (2015). Inhibición de la formación de pupas de *Musca domestica* L. por *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin nativa del estado de Guanajuato. *Jóvenes en la Ciencia*, 1,(2), 29-32.
- Miranda, C., Cammack, J., & Tomberlin, J. (2020). Life-history traits of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), reared on three manure types. *Journal of insects as Food and Feed*, 6(1), 81-90.
- Ossey, Y., Koumi, A., Koffi, K., Atse, B., & Kouame, L. (2012). Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 15(1), 2099-2108.
- Pastor, B., Velasquez, Y., Gobbi, P., & Rojo, S. (2015). Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 179-193.
- Pieterse, E., & Pretorius, Q. (2013). Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical-and broiler-based biological assays. *Animal Production Science* (54), 347-355.
- Pino, M. (2018). Por qué todavía no comemos insectos: marco legal en la Unión Europea. *Revista de Bioética y Derecho*, (42), 311-341.
- PROteINSECT. (2016). Insects as Sustainable Sources of Protein. https://www.proteinsect.eu/fileadmin/user_upload/press/proteinsect-whitepaper-2016-final.pdf
- Rubio, B. (2015). Crisis de hegemonía y transición capitalista en el ámbito agroalimentario mundial. *Espacio abierto*, 24(2), 235-254.
- Sanou, A., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, J., Ouedraogo, I., Nacro, S., Kenis, M., Sanon, A., & Sonda, I. (2019). Production de masse de larves de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) pour l'aviculture au Burkina Faso: Analyse des facteurs déterminants en oviposition naturelle. *Journal of Applied Biosciences*, 134, 13689 – 13701.
- Sequeira, R., Millar, L., & Bartels, D. (2001). Identification of Susceptible Areas for the Establishment of *Anastrepha* spp. Fruit Flies in the United States and Analysis of Selected Pathways. Raleigh. NC USDA-APHISPPQ Center Plant Health Science Technology, (47), 21,1-47.
- Van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security? *Agriculture and Food Security*, 4(20), 2-9.
- Wang, H., Zhang, Z., Czapar, G., Winkler, M., & Zheng, J. (2013). A full-scale house fly (Diptera: Muscidae) larvae bioconversion system for value-added swine manure reduction. *Waste Management and Research*, 31(2), 223-231.