

22

Fecha de presentación: diciembre, 2022

Fecha de aceptación: febrero, 2023

Fecha de publicación: abril, 2023

PRODUCCIÓN DE PROTEÍNAS

DE LARVAS CON MOSCAS SAPRÓFAGAS EN DIFERENTES SUSTRATOS Y RESIDUOS ORGÁNICOS

PROTEIN PRODUCTION WITH SAPROPHAGOUS FLY LARVAE ON DIFFERENT SUBSTRATES AND ORGANIC WASTE ORGANIC WASTES

Enrique Casanovas Cosío¹

E-mail: ecasanovas@ucf.edu.cu

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

Reina Reyes Reyes¹

E-mail: rdreyes@ucf.edu.cu

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

Alexis Suárez del Villar Labastida²

E-mail: asuarez@indoamerica.edu.ec

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

Ana Álvarez Sánchez²

E-mail: anaalvarez@indoamerica.edu.ec

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

Santos Rojo³

E-mail: santos.rojo@ua.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2160-9643>

Anabel Martínez-Sánchez³

E-mail: anabel.martinez@ua.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1497-8571>

Miguel Antonio Silveria Caminero¹

E-mail: miguelantoniosilveriacaminero@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8957-4585>

¹Universidad de Cienfuegos. Cuba.

² Universidad Indoamérica. Quito. Ecuador.

³ Universidad de Alicante. España.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Casanovas Cosío, E., Reyes Reyes, R., Suárez del Villar Labastida, A., Álvarez Sánchez., Rojo, S., Martínez-Sánchez, A. & Silveira Caminero, M. A. (2023). Producción de proteínas de larvas con moscas saprófagas en diferentes sustratos y residuos orgánicos. *Universidad y Sociedad*, 15(S1), 226-234.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar en diferentes sustratos en condiciones abióticas semicontroladas el rendimiento de la acción de larvas de dípteros saprófagos, sobre varios tipos de residuos: salvado de trigo, cerdaza, germen de maíz, cáscara de arroz, gallinaza, borra de café y cachaza, cinco experimentos fueron realizados con diferentes combinaciones de los mismos. Por la mañana y la tarde, fueron registradas las temperaturas dentro de los sustratos, y la temperatura ambiente máxima, mínima, media, y la humedad relativa. Las temperaturas y la humedad relativa en los sustratos siempre estuvieron por encima de la ambiental. La producción de proteínas, y por tanto la producción de larvas (la cantidad de larvas y no su peso), en la cáscara de arroz no se logró altos rendimientos y en la borra de café no hubo desarrollo de larvas. Los sustratos que produjeron mayor producción de larvas fueron las combinaciones de heces fecales de cerdo con salvado de trigo a los seis días (50%) y a los ocho días (20%), con 2869,11 g m⁻²-1y 991,33 g m⁻²-1, respectivamente. No se encontraron agentes patógenos (*Salmonella* spp. *Escherichia coli* y *Coccidia* spp) en los sustratos o larvas.

Palabras clave: producción larval, díptera, proteínas alternativas, inocuidad, temperatura

ABSTRACT

With the aim to evaluate the performance of the action of saprophagous dipteran larvae on different substrates under semi-controlled abiotic conditions on various types of waste: wheat bran, pig manure, corn germ, rice husk, chicken manure, coffee grounds and filter cake, five experiments were carried out with different combinations of these. In the morning and afternoon, the temperatures inside the substrates were recorded, as well as the maximum, minimum, average and average ambient maximum, minimum, average and relative humidity were recorded. The temperatures and relative humidity in the substrates were always above the ambient temperature. Protein production, and therefore larval production (the number of larvae and not their weight), high yields were not achieved on rice husk and there was no larval development on coffee grounds. The substrates that produced the highest larval production were the combinations of pig manure with wheat bran at six days (50%) and at eight days (20%), with 2869.11 g m⁻²-1 and 991.33 g m⁻²-1, respectively. No pathogens (*Salmonella* spp. *Escherichia coli* and *Coccidia* spp) were not found on the substrates or larvae.

Keywords: larval production, diptera, alternative protein, innocuousness, temperature

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la demanda de alimentos está creciendo a gran velocidad, por lo que involucra mayor necesidad de espacio u otros recursos para alcanzar los niveles requeridos. Como ha planteado Rubio (2015) estas tendencias involucran dietas con elevado consumo de alimentos de origen animal, como carne y pescado, que conlleva un enorme aumento de la demanda de materias primas necesarias para la fabricación de concentrados. A su vez, el incremento de los desechos de estas producciones de animales, específicamente las heces, se pueden convertir en contaminantes del medio ambiente (Godfray et al., 2018). Existen tecnologías para el aprovechamiento de estos residuos en función de la digestión anaerobia mediante los biodigestores (Chibás et al., 2017; Tallou et al., 2020), o una alternativa aeróbica que puede tener un fuerte impacto en la alimentación del futuro, el uso de insectos para su degradación con sus múltiples beneficios, tanto ambientales como nutricionales (Rumpold & Schlüter, 2013).

Los insectos se consideran fuentes alternativas de proteína para la producción de alimentos balanceados teniendo presente que estas proteínas son seguras, baratas y sostenibles (Lähteenmäki-Uutela et al., 2017). Los insectos producen una pequeña huella ecológica y una alta eficiencia en indicadores de conversión alimenticia, además, pueden crecer rápidamente reproduciéndose con facilidad en múltiples desechos orgánicos, como excrementos y desechos de frutas, entre otros (Wang et al., 2013). De esta manera, los insectos prosperan en productos de desecho convirtiendo eficientemente los compuestos nitrogenados en proteínas valiosas y requieren menos uso de los recursos naturales por unidad de proteína producida que los cultivos proteicos (van Huis et al., 2020). Sin embargo, aún se deben enfrentar algunos desafíos importantes, relacionados con su producción masiva, que necesitan ser resueltos. Se debe estudiar la importancia de factores abióticos tales como la temperatura, humedad, naturaleza y estructura de los desechos, composición química y otros, fundamentalmente a escala de laboratorio, pero especialmente a escala semindustrial (Pastor et al., 2015).

Entre las larvas de insectos que podrían utilizarse para reducir la carga contaminante de desechos y como fuente de nutrientes en alimentación animal se citan entre otros, el Coleóptero *Tenebrio molitor* L. (Morales-Ramos et al., 2019) y dos Dípteros *Hermetia illucens* L. conocida como la mosca soldado negra (Choudhury et al., 2018) y *Musca domestica* L. (van Huis et al., 2020). En este último caso, es importante destacar sus ciclos cortos de reproducción (Teotia & Miller, 1974), y el alto contenido de proteína

bruta, con valores alrededor del 60%, y grasas en torno al 30% (Gadzama & Ndudim, 2019; Pieterse and Pretorius, 2014).

Varios desechos orgánicos han sido citados en la literatura como atractivos y efectivos para el desarrollo de larvas de Dípteros, entre ellos el estiércol animal, principalmente el de cerdo y pollo (Cičková et al., 2012; Gandal et al., 2019). En un sistema de ovoposición natural para la producción de larvas de mosca, el rendimiento dependerá en gran medida de la calidad y atractivo del sustrato (Ossey et al. 2012). No obstante, hay otros sustratos orgánicos que son desechos o subproductos de las industrias o manufacturas, muchas veces expulsados al medio ambiente y con efectos contaminantes, que pudieran convertirse en una dieta para la producción de larvas de dípteros de forma aislada o en combinación con sustratos de bajo precio capaces de producir larvas. Algunos con potencial por su concurrencia (borra de café, cachaza, cáscara de arroz), y que no están evaluados sus resultados como sustrato para la producción de larvas de moscas.

El objetivo del presente estudio es evaluar en condiciones semi-controladas, el rendimiento de diferentes sustratos y sus combinaciones, en la producción de biomasa larvaria y las condiciones abióticas óptimas, que posibilite su introducción a mayor escala en el futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en diferentes períodos entre los años 2018 y 2021 en insectarios, construidos para ello, basados, donde los dípteros adultos entraban libremente y depositaban sus puestas (llamándose así a este tipo de infraestructuras moscarios).

El experimento 1 se realizó en la finca Punta La Cueva del municipio de Cienfuegos (Cuba) en el período del 17 al 25 de abril de 2018. En un diseño experimental, en un moscario, se colocaron seis réplicas (cuadrantes de 625 cm², rellenos hasta tres cm de altura con los sustratos) para los siguientes cuatro tratamientos: A- salvado de trigo + excrementos de cerdo (cerdaza), B- germen de maíz + cerdaza, C- cachaza + cerdaza, D- cáscara de arroz + cerdaza. La cerdaza se utilizó al 20% en todos los tratamientos y fue obtenida de cerdos en ceba y secada al sol hasta obtener un 85 % de materia seca. Todos los sustratos fueron humedecidos de forma manual diariamente en horario matutino. Las variables evaluadas fueron: temperatura ambiente y en cada sustrato, registrada con un termómetro digital al mediodía (12:00 a 13:00 h); cantidad numérica de larvas y su peso en tercer estadio larval (prepupa), así como el rendimiento en g m⁻² y g kg⁻¹.

En los siguientes experimentos se construyó otro moscario en una zona periurbana de la ciudad de Cienfuegos (Cuba) donde la unidad experimental fueron recipientes de propileno denominados magentas (95 cm²). Las heces de cerdos y aves ponedoras (gallinaza) fueron previamente secadas al sol, cubiertas por una malla antiáfidos para evitar la contaminación por insectos. Para el experimento 2 se montó un diseño bifactorial completamente aleatorizado con los siguientes factores: a) Factor 1 proporción de cachaza y gallinaza (A- 100% cachaza, B- 25% gallinaza + 75% cachaza, C- 50% gallinaza + 50% a cachaza, D- 75% gallinaza + 25% cachaza, E- 100 % gallinaza) y, b) Factor 2 altura del sustrato en la magenta, con 3 cm y 5 cm; dependiendo de la altura 3 o 5 cm, las proporciones se mantuvieron, pero la cantidad de sustrato fue diferente, respectivamente. Cada interacción se replicó seis veces. Para el experimento 3 se montó el mismo diseño bifactorial, pero el Factor 1 se modificó por cachaza y cerdaza, en las combinaciones (A- 100% cachaza, B- 25% cerdaza + 75% cachaza, C- 50% cerdaza + 50% cachaza, D- 75% cerdaza + 25% cachaza, E-100 % cerdaza) a 3 y 5 cm de altura. Cada interacción se replicó seis veces. En el experimento 4 el diseño experimental fue el mismo que los dos anteriores, siendo el Factor 1 la combinación de borra de café y gallinaza (A- 100% borra, B- 25% gallinaza + 75% borra, C- 50% borra + 50% gallinaza, D- 75% borra + 25% gallinaza, E- 100% gallinaza), a 3 y 5 cm. Cada interacción se replicó seis veces. Finalmente, en el experimento 5, en cada magenta se dispusieron diferentes proporciones de salvado de trigo y cerdaza a tres centímetros de altura (A- 100% salvado de trigo, B- 50% salvado de trigo + 50% cerdaza, C- 100% cerdaza. En este caso hubo 5 réplicas por mezcla. Las mediciones tomadas en el horario de la mañana (08:00 a 09:00 H) y de la tarde (17:00 a 18:00 H) fueron: temperatura de cada sustrato, temperaturas y humedades relativas mínimas y máximas 12 horas anteriores a la toma de muestra, cantidad de larvas de moscas cosechadas en tercer estadio y su peso. Se calcularon los rendimientos en g m⁻²-1 y g kg⁻¹.

Para el primer experimento y el quinto se cuantificaron, según AOAC (2005), la proporción de materia seca (MS)

y de proteína bruta (PB) en las larvas y en los sustratos, al comienzo y después de cosechadas las larvas, con el fin de estimar la conversión de proteínas en las larvas. Para ello se realizó un análisis estadístico de muestras relacionadas para una $P < 0,05$. Las otras técnicas estadísticas se realizaron mediante un Anova, previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y cuando se detectaron diferencias entre las medias por tratamiento se realizó la prueba post hoc de Tukey, para una $P < 0,05$ para todos los experimentos.

Por último, tanto en las larvas como en los sustratos resultantes, se realizaron análisis microbiológicos para la detección de a) *Salmonella* spp. (Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal - Reference Method, ISO 6579:2002, IDT, 2008), b) Coliformes fecales (Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal - Horizontal - Colony Count technique, ISO 4832:2006, IDT, 2010), c) *Coccidia* (Cuban Agricultural Norm for bacteriological sowing - Test methods, NCAG, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas en los sustratos fueron generalmente superiores a las del ambiente dentro del moscario, con un valor mínimo de 18,8 °C para 80 % de cáscara de arroz + 20% cerdaza, y uno máximo de 38,5 °C para 80 % de salvado de trigo + 20% cerdaza, ambos sustratos utilizados en el experimento 1 (Tabla 1). La cáscara de arroz, incluida para facilitar la aireación del sustrato, evitó que las temperaturas fueran más elevadas, al no ser un medio que facilite la fermentación bacteriana ya que posee entre el 18,8 a 22,3% de sílice (Champagne et al., 2004). La humedad relativa estuvo acorde con los valores para la localidad en los diferentes periodos. Los datos de la temperatura óptima para el desarrollo de las larvas de moscas difieren en la literatura consultada. Según Cicková et al. (2012) y Miranda et al. (2020), las temperaturas oscilan desde 20°C a 45 °C, por lo que las temperaturas ambientales registradas en el lugar donde se ubicaron los experimentos son adecuadas, teniendo en cuenta que los experimentos se realizaron en diferentes épocas del año y con la coincidencia de la entrada de frentes fríos.

Tabla 1. Peso medio de una larva (g) en el día de la cosecha (d) por experimentos y tratamientos Temperaturas mínimas y máximas de los sustratos, ambiente (°C) y humedad relativa mínima, máxima (HR; %) dentro de las instalaciones (moscarios) [* datos a 3 y 5 cm de altura de sustrato].

Experimento/Tratamiento		Peso larva, g	Temperatura Sustrato, °C	Temperatura ambiente, °C	HR Min/Max %	d
1 20% Cer- daza	+Salvado trigo +Germen maíz +Cachaza +Cáscara arroz	0,01816a	27,0-38,5	28-33	n/d	8
		0,01690a	27,6-29,0			
ES±		0,01624a	26,8-31,8			
		0,01622a	18,8-22,3			
		0,00216				
2 Cachaza + gallinaza	100% cachaza 75%+25% 50%+50% 25%+75% 100% gallinaza	0,01044a	33,6-34,9	12-26 am 21-31 pm	50-75 am 42-52 pm	7
		0,00877a	34,6-34,9			
		0,00933a	34,7-34,9			
		0,01044a	34,7-35,0			
		0,00844a	34,7-35,0			
ES±		0,00003				
3 Cachaza + cerdaza	100% cachaza 75%+25% 50%+50% 25%+75% 100% cerdaza	0,01044a	33,6-34,9	12-26 am 21-31 pm	50-75 am 42-52 pm	9
		0,01100a	33,6-33,7			
		0,01033a	33,4-34,0			
		0,01155a	33,2-34,5			
		0,01022a	33,3-34,6			
ES±		0,00003				
4 Borra café + gallinaza	100% borra café 75%+25% 50%+50% 25%+75% 100% gallinaza	0,00987a	34,7-36,8	24-28 am 35-37 pm	25-45 am 44-50 pm	7
		0,00899a	34,7-35,6			
		0,00899a	34,7-34,9			
		0,00876a	34,7-37,1			
		0,00840a	34,7-36,8			
ES±		0,00003				
5 Salvado de trigo + cerdaza	100% sal- vado 50%+50% 100% cer- daza	0,00701a	24,0-36,8	24-28 am	50-63 am	6
		0,00940a	23,3-36,4			
ES±		0,01045a	23,3-34,4			
		0,00519				

Leyenda: Valores con iguales superíndices en cada experimento indican ausencia de diferencias significativas ($P > 0,05$); n/d: No datos

Las cosechas de las larvas se realizaron entre los días 6^º y 9^º en todos los experimentos; y los pesos de las larvas no difirieron entre los tratamientos, con valores mínimos de 0,00701 g/larva obtenido en el salvado de trigo 100%, y máximos de 0,01816 g/larva obtenido en el salvado de trigo mezclado con cerdaza (20%).

Koné et al. (2017), empleando varios tipos de estiércol (heces de pollos, cerdos y vacas lecheras) como sustratos, comprobaron que los mayores valores utilizando un método similar al empleado, de libre oviposición, se presentaron en las heces de vacas, que fueron de 0,0174 a 0,0191 g/larva. Los resultados obtenidos en este estudio varían de un sustrato a otro, pero como estos autores apuntan también puede hacerlo dentro del mismo sustrato. En estos casos, no existen diferencias significativas en el peso de las larvas en función del sustrato, lo que puede estar relacionado con el hecho de que para completar su ciclo han de alcanzar unos valores mínimos/máximos de peso para alcanzar la siguiente fase, la pupación. El rango de peso oscila, en función del medio, pero no son diferencias estadísticamente significativas, por lo que la composición de los sustratos en esta investigación no influyó en el peso de las larvas.

No obstante, Miranda et al. (2020) afirman que cuando más alta sea la tasa alimentación mayor es el incremento del peso de las larvas (4%- 16%), de la pupa (16%- 25%) y del adulto (8%- 25%), así como de la longevidad del adulto (7%- 28%). Estos autores obtuvieron los mejores resultados para la especie *M. domestica* con la gallinaza en comparación con otros tipos de estiércol.

La cantidad de larvas fue diferente en cada experimento, y cuando se midió la altura de los sustratos no se encontraron diferencias entre 3 cm y 5 cm, que determina la cantidad de sustrato por área (Tabla 2). Teniendo en cuenta que, aunque los rangos de temperatura durante la realización del estudio están dentro de los parámetros reportados en la literatura para el crecimiento de las larvas de moscas, y que la borra de café contiene nutrientes para la alimentación indirecta de las larvas de moscas, se puede tener en cuenta lo indicado por Nathanson (1984), que, aunque no concluyente, explica que la borra de café puede ejercer un efecto insecticida o repelente. Se infiere, por tanto, que en nuestro estudio las moscas no depositaron suficientes huevos en los sustratos con proporciones de borra de café y que por tanto la cantidad de larvas obtenida fue muy baja en comparación con otros sustratos (Tabla 1). La cachaza sola y en combinación con otras heces tampoco ofrece rendimientos aceptables, al igual que la borra de café, y por tanto no son medios aceptables para el desarrollo de las larvas de moscas.

Tabla 2. Comparación de la cantidad total de larvas (número de individuos) y rendimientos en cada experimento expresado en $g\ m^{-2}$ y $g\ kg^{-1}$

Tratamientos	N° larvas		Rendimientos			
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
Experimento 1	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
Salvado trigo+20% cerdaza	2857,50d	n/d	830,27d	n/d	82,37d	n/d
Germen de maíz+20% cerdaza	970,50c		262,41c		52,06c	
Cachaza + 20% cerdaza	773,25b		200,97b		18,47b	
Cáscara arroz+20% cerdaza	559,25a		145,12a		12,59a	
ES±	1060,84*		537,56*		46,76*	
Experimento 2	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
Cachaza 100%	6,33a	7,33a	6,96a	7,55a	0,44a	0,48a
Cachaza 75% + gallinaza 25%	4,00a	5,00a	111,05a	4,62 ^a	5,77 ^a	0,29a
Cachaza 50% + gallinaza 50%	11,67ab	190,33ab	129,42ab	186,92ab	8,85ab	11,84ab
Cachaza 25% + gallinaza 75%	260,67bc	361,00b	291,68bc	396,72b	1,84bc	25,13b
Gallinaza 100 %	420,00c	627,33c	486,32c	557,99c	30,80c	35,34c
ES±	87,62***	113,07***	19,52***	24,56***	18,53***	16,74***
Experimento 3	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
Cachaza 100%	5,33a	5,00a	5,87a	5,26a	0,37a	0,33a
Cachaza 75% + cerdaza 25%	42,67a	47,33a	54,91a	50,92a	2,91a	3,22a
Cachaza 50% + cerdaza 50%	210,67a	428,33ab	256,13a	455,83ab	16,22a	28,87ab
Cachaza 25% + cerdaza 75%	720,67b	758,67bc	783,63b	807,38bc	49,63b	51,14bc
Cerdaza 100 %	707,33b	991,33c	819,01b	1077,9c	51,87b	68,27c
ES±	87,62***	113,07***	17,31***	25,81***	17,56***	17,71***
Experimento 4	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm

Borra de café 100%	0,67a	35,33a	6,96a	26,74a	0,44a	1,69a
Borra café 25%+gallinaza 75%	0,33a	21,00a	0,31a	17,84a	0,02a	1,13a
Borra café 50%+Gallinaza 50%	49,33a	56,33a	46,68a	58,41a	2,96a	3,67a
Borra café 75%+Gallinaza 25%	64,33a	157,00a	59,32a	133,37a	3,78a	8,45a
Gallinaza 100 %	219,67b	431,67b	194,23b	343,52 b	12,30b	21,76b
ES±	69,78**	98,57**	17,31**	25,81**	17,56**	17,71**
Experimento 5	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
Salvado trigo 100%	1934,80a	n/d	1424,52a	n/d	65,86a	n/d
Salvado trigo 50%+cerdaza50%	2910,00c		2869,11c		140,85c	
Cerdaza 100%	1271,60b		1395,26b		69,21b	
ES±	793,17*		945,28*		32,98*	

Leyenda: valores en columnas con superíndices diferentes dentro de cada experimento indican diferencias significativas para *P <0,05; ** P<0,01; ***P<0,001 (Tukey); n/d: No datos

El rendimiento, el peso de larvas obtenido por unidad de superficie (g m²-1), fue mayor para el medio de salvado de trigo + cerdaza con 830,27 g m²-1 en el experimento 1, que para la gallinaza pura (experimento 2) con 627,33. Sin embargo, con las heces de cerdo 100% se obtuvieron 991,33 g m²-1 (experimento 3), y en el salvado de trigo (50%) + cerdaza (50 %) con 2869.11 g m²-1 (experimento 5) (Tabla 2). Destacar que no se detectaron diferencias entre los pesos de las larvas (Tabla 1), por lo que se infiere que para los rendimientos obtenidos define la cantidad de larvas y no su peso.

Los rendimientos obtenidos, no siempre coinciden con los reportados en la literatura (Koné et al., 2017) ya que es dependiente de la calidad nutritiva de los sustratos y obviamente de la especie que ovoposita. Otro aspecto a considerar es la densidad por área de larvas, es decir el rendimiento por unidad de sustrato (g larvas/kg de sustrato) que según Barnard & Geden (1993), está comúnmente entre 1 a 5 larvas por gramo de sustrato a 32 oC, obteniéndose valores muchos más elevados en nuestros casos para estos casos fue alta con valores desde 9,38 a 15 larvas. Así pues, el aumento de la cantidad de sustrato, no significa necesariamente un aumento en el rendimiento, y según Gafar et al. (2019) se debe encontrar una cantidad adecuada de sustrato en función de las dimensiones del recipiente utilizado. Además, es muy importante considerar la profundidad o altura del recipiente contenedor, ya que una altura excesiva puede limitar la bioconversión larvaria por falta de oxígeno, impidiéndose la presencia de larvas en las zonas profundas del sustrato

La proteína bruta transformada e incorporada a las larvas fue de 83,95%, 72,39%, 74,89% y 33,17%, para los sustratos del primer experimento y de 62,99 %, 64,62 % y 58,99 % para los tratamientos del quinto experimento (Tabla 3).

Las larvas de mosca doméstica reducen el nitrógeno del estiércol, por los procesos metabólicos llevados a cabo por las bacterias, que son después la fuente principal de nutrientes de las larvas (van Huis 2015). Se han citado reducciones del 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). Los valores para la cerdaza, un contaminante fuerte por su contenido de nitratos, fueron inferiores a los obtenidos por Wang, et al. (2013) con una reducción del 78,0 %, pero superiores a los obtenidos por Roffeis et al. (2015). Como fue planteado por Casanovas et al. (2023), estos valores del decrecimiento de la proteína bruta se deben haber incorporado a la formación de las larvas.

Tabla 3. Comparación de los aportes de proteína bruta de los sustratos sin transformar y transformados en gramos

Experimento/Tratamientos Experimento 1	P valor	Sustrato sin transformar (g)	Sustrato sin transformar (g)
Salvado trigo + 20% cerdaza	0,008 **	147,10±2,90	123,50±1,50
Germen maíz + 20% cerdaza	0,002 **	124,60±1,10	90,20±1,30
Cachaza + 20% cerdaza	0,002 **	90,40±3,50	67,70±1,30
Cáscara arroz + 20% cerdaza	0,003 **	77,16±1,60	25,60±1,90
Experimento 5			
Salvado trigo 100 %	0,03 *	148,25 ± 1,85	93,39 ± 1,01
Salvado trigo50%+cerdaza50%	0,03 *	177,78 ± 2,56	114,89 ± 2,15
Cerdaza 100 %	0,01**	225,26 ± 3,95	132,90 ± 1,28

Valores medios en las mismas filas difieren para * P<0,05, ** P < 0,01

No siempre el mayor aporte de proteína bruta del sustrato presentó la mejor conversión larvaria, aunque en todos los sustratos estuvo la cerdaza presente, y como ya se ha mencionado anteriormente, no se encontraron diferencias entre el peso de las larvas. Estos resultados no coinciden, con los obtenidos por Beniers & Graham (2019) para las larvas *Hermetia illucens* L, donde las proteínas y los carbohidratos de la dieta, si afectaron significativamente al peso fresco y el seco de las larvas de esta especie de díptero.

Finalmente, aunque la mosca doméstica por sus hábitos antrópicos está asociada a la transmisión de algunas enfermedades, y por ello existen regulaciones en muchos países para su control en las granjas pecuarias (Martínez et al., 2015), la EFSA (European Food Safety Authority) plantea que es posible el uso de los insectos y los sustratos para la obtención de alimentos (PROtelNSECT, 2016). En este sentido, el análisis realizado en este estudio no detectó la presencia de *Salmonella* spp. *Escherichia coli* o *Coccidia* spp en todos los sustratos evaluados y las larvas. Por lo que se sugiere que no hubo contaminación cruzada por las moscas, recomendándose emplear heces procedentes de animales clínicamente sanos.

CONCLUSIONES

Las temperaturas en los sustratos fueron superiores a la ambiental, con valores entre 18,8 y 38,5 oC, y las humedades relativas, entre 42,0 y 75,0 %. La cáscara de arroz no logró altos rendimientos y la borra de café no fue compatible con la producción de larvas. Los sustratos que produjeron mayor rendimiento de larvas de moscas fueron las combinaciones de cerdaza a los seis días (50 %) y a los ocho días (20,0 %) con salvado de trigo con 2869,11 g m⁻²-1 y 991,33 g m⁻²-1, respectivamente. La reducción de la proteína bruta después de la cosecha en los sustratos estuvo entre 83,95% y 58,99 %. Influye en los rendimientos la cantidad de larvas, pero no su peso, y no se encontraron agentes patógenos (*Salmonella* spp. *Escherichia coli* y *Coccidia* spp) en los sustratos y larvas de moscas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (2005). *Association of Official Analytical Chemists. 2005*. Official Methods of AOAC International. <https://www.aoac.org>
- 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. <https://doi.org/10.1093/ee/22.5.971>
- 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. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0001>
- Casanovas Cosío, E., Reyes Reyes, R., Suárez del Villar Labastida, A., Álvarez Sánchez, A., & Padilla Morales, R. (2023). HOUSE FLY LARVAE HARVEST YIELD USING THREE DIFFERENT RATIIONS OF WHEAT BRAND AND PIG MANURE AS LARVAL DEVELOPMENT MEDIA. *REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL*, 10(1), e6997. <https://doi.org/10.32404/rean.v10i2.6997>

- Champagne, E.; Wood, D.; Bienvenido, J.; Betchel, D. (2004). *The rice grain and its gross composition*. En: Rice Chemistry and Technology. Third Ed. 77-107. Minneapolis. <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=150448>
- Chibás Guevara, O., Casanovas Cosío, E., & Pérez Ponce, A. (2017). Comparison of the efficiency of the fixed dome and geomembrane biodigesters in the swine production systems in the Cienfuegos province. *Revista científica Agroecosistemas*, 5 (1), 79-83. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Choudhury, A., Natarajan, A., Kesavarapu, S., Veeraraghavan, A., Dugyala, S., Rao, K. & Thota, K. (2018). Technical Feasibility of *Hermetia illucens* in Integrated Waste Management, Renovated with Sewage Water, an Overview. *Open Access Library Journal*, 5, 1-27. <https://doi.org/10.4236/oalib.1104421>
- Cižková, H.; B. Pastor, M. Kozánek, A. Martínez-Sánchez, S. Rojo, S., & P. Takác, (2012). Biodegradation of pig manure by the housefly, *Musca domestica*: a viable ecological strategy for pig manure management. *PLoS ONE*, 7, e32798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032798>.
- 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: 74-77.
- Gafar, A., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, 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, 13689 – 13701. <https://doi.org/10.4314/jab.v134i1.6>
- Gandal, H.; Zannou-Boukaril, E.T., Kenis, M. C.A.A.M. Chrysostome, & Mensah, G.A. (2019). Potentials of animal, crop and agri-food wastes for the production of fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(2), 59-67. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0064>
- Godfray, H.C.J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J.W., Key, T.J., Lorimer, J., Pierrehumbert, P.S., Springmann, M. & Jebb, S.A., 2018. *Meat consumption, health, and the environment*. *Science*, 361(6399), 1-8. <https://doi.org/10.1126/science.aam5324>
- 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): e0171708. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708>
- 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. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.S1>
- Lähteenmäki-Uutela, A., Grmelová, N., Henáult-Etiher, L., Deschamps, M., Vandenberg, G., & Nemane, V. (2017). Laws of the European union. *Journal of Insects as Food and Feed*, 12(1), 22-36. <https://www.jstor.org/stable/26451416>
- 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, 29-32. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/218>
- 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. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0001>
- Morales-Ramos, J.A., Kelstrup, H.C., Rojas, M.G. & Emery, V. (2019). Body mass increase induced by eight years of artificial selection in the yellow mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) and life history trade-offs. *Journal of Insect Science*, 19: 4. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey110>
- Nathanson, J.A. (1984). Caffeine and related methylxanthines: possible naturally occurring. *Science*, 226(4671):184-187. <https://doi.org/10.1126/science.6207592>
- 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), 2099-2008. <http://www.m.elsewa.org/JAPS/2012/15.1/Abstract3-atse.html>

- Pastor, B., Y. Velasquez, P. 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. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0024>
- 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. <https://doi.org/10.1021/AN12370>
- PROteINSECT /Insects as Sustainable Sources of Protein (2016). Addressing the need for feeds of the future today. Insect Protein- Feed for the Future. www.proteinsect.eu
- Roffeis, M., Muys, B., Almeida, J., Mathijs, E., Achten, W., Pastor, B., Velásquez, Y., Martínez, A. & Rojos, S. (2015). Pig manure treatment with housefly (*Musca domestica*) rearing – an environmental life cycle assessment. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 195-214. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0021>
- Rubio, B. (2015). Crisis de hegemonía y transición capitalista en el ámbito agroalimentario mundial. *Espacio abierto*, 24(2), 235-254. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/espacio/article/view/20299/20214>
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*. 57, 802–823. doi.org/10.1002/mnfr.201200735
- Tallou, A., Haouas, A., Jamali, M.Y., Atif, K., Amir, S., & Aziz, F. (2020). Review on Cow Manure as Renewable Energy. En: Patnaik, S., Sen, S., Mahmoud, M. (eds) *Smart Village Technology. Modeling and Optimization in Science and Technologies*, vol 17. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_17
- Teotia, J. S. & Miller B. F. (1974) Nutritive content of house fly pupae and manure residue, *British Poultry Science*, 15(2), 177-182. <https://doi.org/10.1080/00071667408416093>
- van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security? *Agriculture and Food Security*, 4(20), 2-9. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>
- van Huis, A., Ooninex, D.G.A.B., Rojo, S. & Tomberlin, J.K. (2020). Insects as feed: house fly or black soldier fly? *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3), 221-229. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.x003>
- 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 & Research*, 31, 223-231. <https://doi.org/10.1177/0734242X12469431>