

Aprovechamiento de residuos del Programa de Alimentación Escolar (PAE) para la producción de harina proteica a partir de la cría del grillo común (*Acheta Domesticus*)

Use of waste from the Programa de Alimentación Escolar (PAE) for the production of protein meal from the breeding of the common cricket (*Acheta Domesticus*).

Santiago Diaz Velasco ¹
Jimena Serna Aguilar ¹
Giovani Espinel Villamizar ²

Como citar:
Espinel Villamizar, G., Diaz Velasco, S., & Serna Aguilar, J. (2023). Aprovechamiento de residuos del programa de alimentación escolar (PAE) para la producción de harina proteica a partir de la cría del grillo común (*Acheta domesticus*). *Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 8(1), 35–42. <https://doi.org/10.23850/23899573.6068>

¹ Aprendiz Semillero SITAV, Tecnoacademia Vélez, biotecnologiata@gmail.com, Cimitarra.

² Facilitador Tecnoacademia Vélez, gespinelv@sena.edu.co, Cimitarra.

Resumen

La entomofagia está en auge y abarca cerca de 2000 especies comestibles, principalmente insectos. Esta práctica destaca por sus ventajas en comparación con la producción de proteína animal tradicional. Los insectos comestibles, ricos en nutrientes, generan un menor impacto ambiental y beneficios económicos notables. La cría de insectos es una solución sostenible, ya que requiere menos recursos, como agua y espacio. Además, los insectos pueden convertir residuos orgánicos en biomasa útil, contribuyendo a la gestión de residuos. Este estudio busco evaluar el aprovechamiento de residuos de la alimentación escolar en la dieta del grillo *Acheta Domesticus* durante su ciclo productivo y la consecuente producción de harina proteica. Los resultados revelaron que la Dieta 1 (concentrado para pescado) tuvo un peso seco promedio de 21.5 gramos, mientras que la Dieta 2 (concentrado para pescado: residuos PAE, proporción 1:1) presentó un peso seco promedio de 24.92 gramos. Los análisis bromatológicos indicaron que la harina de grillo originada a partir de la Dieta 1, presento un valor de proteína del 57.7%, grasas con un 11%, y cenizas con un 4%. Los resultados microbiológicos estuvieron dentro de los valores permitidos para este tipo de productos. En la Dieta 2, el porcentaje de proteína de la harina de grillo fue del 48.69%, y las grasas fueron del 10.52%. A pesar de un menor porcentaje de proteína en comparación con la harina de pescado, este valor se mantuvo en línea con otros estudios sobre *Acheta domesticus*. Los resultados indican que los residuos del PAE pueden ser utilizados de manera efectiva en la cría de grillos, aunque con ciertas consideraciones nutricionales.

Palabras clave: Entomofagia, *Acheta Domesticus*, residuos, proteínas

Abstract

Entomophagy is booming and covers about 2000 edible species, mainly insects. This practice stands out for its advantages compared to traditional animal protein production. Edible insects, rich in nutrients, generate less environmental impact and remarkable economic benefits. Insect farming is a sustainable solution, as it requires fewer resources, such as water and space. In addition, insects can convert organic waste into useful biomass, contributing to waste management. This study sought to evaluate the utilization of school food waste in the diet of the cricket *Acheta Domesticus* during its productive cycle and the consequent production of protein meal. The results revealed that Diet 1 (fish concentrate) had an average dry weight of 21.5 grams, while Diet 2 (fish concentrate: PAE residues, 1:1 ratio) had an average dry weight of 24.92 grams. Bromatological analyses indicated that the cricket meal from Diet 1 had a protein value of 57.7%, fat of 11% and ash of 4%. The microbiological results were within the permitted values for this type of product. In Diet 2, the protein percentage of cricket meal was 48.69%, and fat was 10.52%. Despite a lower protein percentage compared to fish meal, this value was in line with other studies on *Acheta domesticus*. The results indicate that PAE residues can be used effectively in cricket breeding, albeit with certain nutritional considerations.

Key words: Entomophagy, *Acheta domesticus*, waste, protein.

Introducción

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), se espera que para el año 2050, la población mundial alcance aproximadamente los 9000 millones de habitantes, planteando un gran reto en la producción y distribución de alimentos. Además, se espera que la demanda de proteínas de origen animal incremente un 60 - 70 % para satisfacer la necesidad de la población mundial; a su vez, los costos de los alimentos ricos en proteínas como la harina de soja y las harinas de pescado son muy elevadas y su disponibilidad en el futuro será limitada (Astuti & Komalasari, 2021).

Los modelos actuales de producción de alimentos, basados en la ganadería y la agricultura convencionales, se revelan insostenibles para abordar estas proyecciones de demanda. La consecuente presión sobre los recursos naturales, como la tierra y el agua, plantea la necesidad de enfoques innovadores para producir alimentos de alta calidad con una menor huella ecológica. En este contexto, los insectos emergen como una alternativa prometedora, con aproximadamente 2000 especies comestibles que pueden desempeñar un papel clave en la seguridad alimentaria global (Gałęcki et al., 2021).

La integración de insectos en la dieta humana y en la producción de concentrados para animales presenta una serie de beneficios ambientales, económicos y para la salud humana y animal (Halloran & Vantomme, 2014). Destaca su eficiencia en la conversión de residuos orgánicos en proteínas, grasas y otros elementos esenciales, así como su capacidad para operar en ciclos de nutrientes cerrados, minimizando la demanda de tierra y agua (Barragán-Fonseca et al., 2021; FAO, 2013).

Reducción del consumo de carne, en línea con la acción climática para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, y la urgencia de abordar el desperdicio de alimentos, reconocido en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12), añaden una dimensión adicional a la importancia de considerar fuentes proteicas alternativas. Se estima que entre el 8 % y el 10 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero están asociadas a alimentos desechados (von Hackewitz, 2018). En este contexto, los insectos se postulan como una solución viable para enfrentar la creciente demanda de proteínas, contribuyendo a la sostenibilidad medioambiental y a la conservación de la biodiversidad.

Aunque la cría a gran escala de insectos, en particular el grillo doméstico (*Acheta Domesticus*) ha demostrado ser adaptable. El éxito de esta práctica depende críticamente de la disponibilidad de alimentos eficientemente digestibles y ricos en nutrientes y de bajo costo (Halloran et al., 2019). En este estudio se dio un enfoque especial a la utilización de residuos provenientes de galletas, cereales, alimentos procesados del Programa de Alimentación Escolar (PAE). El objetivo principal fue evaluar su incorporación en la dieta de del grillo *Acheta Domesticus* durante un ciclo productivo y la consecuente producción de harina proteica.

Materiales y métodos

Zona de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología de Tecnoacademia Vélez, ubicada en el municipio de Cimitarra, Santander. El municipio posee una altitud de 190 msnm, una temperatura promedio de 27,6 °C y una humedad del 82,4 %. Los grillos empleados fueron obtenidos de un lote criado en condiciones de laboratorio y el experimento se desarrolló entre los meses de septiembre a noviembre de 2023.

Zoocriaderos

Se implementaron zoocriaderos utilizando cajas de plástico (30 cm x 34 cm x 30 cm) equipadas con cartones de huevo como refugio, comederos elaborados con cajas de Petri y bebederos con tubos cónicos de 50 ml. En total, se establecieron seis unidades experimentales (zoocriaderos), cada una albergando 220 grillos de dos semanas de edad. Durante la fase inicial de crecimiento, los microgrillos se alimentaron con alimento para pescado (Solla® 24 %).

Diseño experimental

Se recolectaron galletas de avena, panes, tortas y otros productos procesados en buen estado y no consumidos provenientes del Programa de Alimentación Escolar (PAE) ofrecidos en el Colegio Integrado del Carare del municipio de Cimitarra. Estos productos fueron procesados a través de molienda fina en laboratorio para obtener una harina alimentaria PAE. Dicha harina se utilizó como dieta en un tratamiento experimental (T1) replicado por triplicado.

La Dieta 1 consistió en el suministro de concentrado para pescado (Solla 24 %), mientras que la Dieta 2 consistió en una proporción 1:1 de harina alimentaria PAE y concentrado para pescado. Ambas dietas, así como el suministro de agua, se proporcionaron libremente. Todas las condiciones experimentales se replicaron por triplicado para garantizar la robustez de los resultados. Además, se llevaron a cabo mediciones diarias de temperatura y humedad relativa mediante un Datalogger HOBO para monitorear el ambiente en el que se desarrollaron los zoocriaderos.

Obtención de harina proteica

Una vez los grillos alcanzaron la fase de cópula y se obtuvieron los huevos, se sometieron a un período de ayuno de 24 horas para facilitar la evacuación de heces. Posteriormente, los grillos de cada unidad experimental se contaron, pesaron y fueron sometidos a sacrificio llevándolos a -18 °C durante un mínimo de 24 horas para asegurar un sacrificio ético y controlado. Los grillos fueron sometidos a un proceso de descontaminación, consistente en un lavado minucioso seguido de una ebullición por cinco minutos. Este procedimiento, basado en las recomendaciones de Apolo-Arévalo y Lannacone (2015).

Una vez descontaminados, los grillos fueron deshidratados en un horno a 60 °C durante ocho horas para alcanzar un estado de peso seco. Posteriormente, se procedió a moler los grillos deshidratados utilizando un molino eléctrico. La harina resultante se almacenó cuidadosamente en bolsas herméticas para preservar sus propiedades (Figura 1).

Figura 1. Harina de grillo *Acheta Domesticus* procesada.



Fuente: Los autores

Las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio de análisis fisicoquímico y microbiológico del SENA-CGAO para llevar a cabo un exhaustivo análisis nutricional y microbiológico detallado (ver Tabla 1). Este proceso garantiza la calidad y seguridad de la harina proteica obtenida a partir de los grillos *Acheta Domesticus* (Delgado et al., 2023).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y métodos de análisis.

Parámetro	Método
Proteína	Digestión en bloque AOAC 2001.11
Grasas	Extracción por solvente AOAC 991.36
Cenizas	Gravimétrico AOAC 923.03
Humedad	AOAC 20.013
Mohos	Siembra en superficie
Levaduras	Siembra en superficie
Coliformes	Siembra en superficie
E.coli	Siembra en superficie
A. mesófilos	Siembra en superficie
S. aureus	Siembra en superficie

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis exploratorio de los datos recopilados. Este análisis incluyó gráficos descriptivos como diagrama de cajas, para visualizar la distribución de las variables de interés como el peso seco. Se calcularon estadísticos descriptivos para proporcionar un resumen numérico de las variables medidas. Se utilizó el paquete estadístico R Studio (versión 2023.09).

Resultados y discusión

Se logró el establecimiento de los zoocriaderos bajo condiciones de laboratorio, manteniendo un rango de temperatura en las cajas de incubación entre 30 y 32 °C (+/-1 °C), con humedad relativa oscilando entre 75 y 92%. Estos parámetros, ya reportados como ideales para la producción de grillos alimentados con residuos vegetales y concentrados de animales domésticos, han sido respaldados por estudios previos (Pilco-Romero et al., 2023; Arévalo et al., 2022). El peso seco varió desde un mínimo de 14.38 gramos hasta un máximo de 26.02 gramos.

La Tabla 2 resume las medias y desviaciones estándar de los dos tratamientos experimentales.

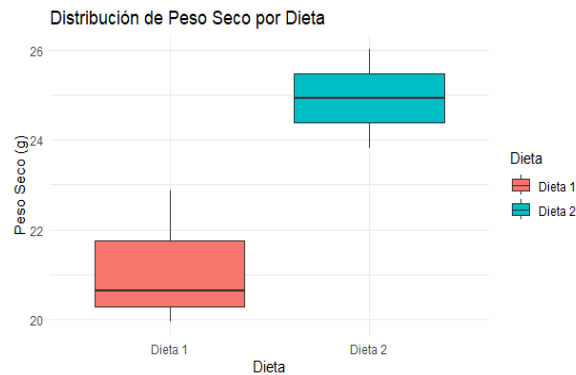
Tabla 2. Medias y desviaciones estándar de las dietas y sus triplicados

Dieta	Media	SD
Dieta 1	21.15	1.15
Dieta 2	24.9	1.1

Fuente: Elaboración propia

La Dieta 2 mostró un mayor peso seco en comparación con la Dieta 1, con un promedio de 24.65 gramos (Figura 2). La Dieta 2, compuesta por una harina rica en carbohidratos debido al origen de sus ingredientes (pan, galletas, tortas), fue asimilada por los grillos.

Figura 2. Distribución de pesos seco en las dos dietas experimentales.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados nutricionales indican que la Dieta 1 presentó un contenido proteico del 57.27 %, con un 10.48 % de grasas, mientras que para la Dieta 2, los valores de proteína fueron del 48 %, sin diferencias significativas en los contenidos de grasas. La Dieta 2 tuvo un contenido de humedad significativamente menor en comparación con la Dieta 1 (Tabla 2). Estos valores de proteína coinciden con lo reportado para *Acheta domesticus*, variando entre 42-75 % de proteína en peso seco (Pilco-Romero et al., 2023; Gałęcki et al., 2021). Los demás resultados nutricionales y microbiológicos se detallan en la Tabla 2.

Tabla.2 Resultados de análisis nutricionales y microbiológicos

Parámetro	Dieta 1	Dieta 2
Proteína	57,2 %	48,69 %
Grasas	10,48 %	10,50 %
Cenizas	3,98 %	4,65 %
Humedad	4,37 %	2,7 %
Mohos (UFC/g)	<10	<10
Levaduras (UFC/g)	140	<10
Coliformes UFC/g	<10	<10
E.coli UFC/g	<10	<10
A. mesófilos UFC/g	5100	<1600
S. aureus	<100	<100

Fuente: Elaboración propia

Los resultados microbiológicos mostraron niveles de mohos por debajo de 10 UFC/g, mientras que la harina obtenida de la Dieta 1 presentó un contenido de levaduras de 140 UFC/g y un recuento de mesófilos aerobios de 5100, sugiriendo la necesidad de una mayor atención en términos de procesamiento o almacenamiento. Sin embargo, es importante señalar que se han reportado altos números de mesófilos aerobios en insectos comestibles (Garofalo et al., 2019). Los recuentos de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* están por debajo de 100 cfu/g, lo que generalmente se considera aceptable desde el punto de vista de la seguridad alimentaria.

El sustrato de alimentación y el equilibrio en la dieta influyen en la tasa de crecimiento de *Acheta Domesticus* (Jucker et al., 2022). El aprovechamiento de ingredientes de bajo impacto como dieta para grillos es crucial para producir insectos comestibles de manera sostenible y rentable (Morales-Ramos et al., 2020). Durante el estudio, los grillos demostraron la capacidad de asimilar los alimentos PAE. La elección de diferentes subproductos derivados de la alimentación escolar y su incorporación a la dieta de los grillos busca reducir los costos de la dieta de cría. Sin embargo, dado que el tipo de alimentación influye fuertemente en el crecimiento del insecto, es esencial identificar dietas adecuadas que garanticen, además de un ahorro económico y ambiental, un crecimiento óptimo y maximización del rendimiento del insecto producido y la generación de harinas con alto contenido nutricional.

Conclusiones

Este estudio se propuso aprovechar residuos de galletas, cereales, alimentos procesados y del Programa de Alimentación Escolar (PAE) para evaluar su integración en la dieta del grillo *Acheta Domesticus* durante un ciclo productivo, complementada con alimento concentrado rico en proteínas, con el fin de generar harina proteica. La utilización de ingredientes de bajo impacto como base alimentaria para grillos se revela como una estrategia crucial para la producción sostenible y rentable de insectos comestibles.

A lo largo de la investigación, los grillos demostraron una notable capacidad para asimilar los alimentos provenientes del PAE. Aunque el porcentaje de proteína obtenido fue relativamente inferior en comparación con el tratamiento control o Dieta 1, se mantiene dentro de los valores reportados en la literatura.

Este hallazgo resalta la harina de grillo como una valiosa fuente de proteínas, consolidándola como un recurso prometedor para abordar desafíos relacionados con la seguridad alimentaria y la nutrición. La integración de residuos alimentarios, especialmente del PAE, no solo se muestra como una alternativa económicamente viable para la cría de grillos a gran escala, sino que también contribuye a la gestión eficiente de desechos y fomenta prácticas alimentarias más sostenibles. La optimización de las dietas podría, en el futuro, mejorar aún más la calidad nutricional de la harina de grillo, consolidándola como una opción valiosa en el panorama de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad nutricional.

Referencias

- Arévalo, H. A., Vernot, D., & Barragán-Fonseca, K. B. (2022). Perspectivas de uso sostenible del grillo doméstico tropical (*Gryllodes sigillatus*) para la alimentación humana en Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(3). <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n3.98890>
- Astuti, D. A., & Komalasari, K. (2020). Feed and animal nutrition: insect as animal feed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 465(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/465/1/012002>
- Barragán-Fonseca, K. B., Gort, G., Dicke, M., & Van Loon, J. (2021). Nutritional plasticity of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in response to artificial diets varying in protein and carbohydrate concentrations. *Journal of insects as food and feed*, 7(1), 51-61. <https://doi.org/10.3920/jiff2020.0034>
- Delgado, L., Garino, C., Moreno, F. J., Zagon, J., & Broll, H. (2022). Sustainable food systems: EU regulatory framework and contribution of insects to the Farm-To-Fork Strategy. *Food Reviews International*, 39(9), 69556976. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2130354>
- FAO. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome
- Gałęcki, R., Zielonka, Ł., Zasłupa, M., Gofebiowska, J., & Bakula, T. (2021). Potential Utilization of

- Edible Insects as an Alternative Source of Protein in Animal Diets in Poland. *Frontiers in sustainable food systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.675796>
- Garofalo, C., Milanović, V., Cardinali, F., Aquilanti, L., Clementi, F., & Osimani, A. (2019). Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A State-of-the-art review. *Food Research International*, 125, 108527. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108527>
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 156, 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017>
- Jucker, C., Belluco, S., Oddon, S. B., Ricci, A., Bonizzi, L., Lupi, D., Savoldelli, S., Biasato, I., Caimi, C., Mascaretti, A., & Gasco, L. (2022). Impact of some local organic by-products on *Acheta Domesticus* growth and meal production. *Journal of insects as food and feed*, 8(6), 631640. <https://doi.org/10.3920/jiff2021.0121>
- Pilco-Romero, G., Chisaguano-Tonato, A. M., Herrera-Fontana, M., Chimbo-Gándara, L. F., Sharifi-Rad, M., Giampieri, F., Battino, M., Leoro, M. G. V., & Álvarez-Suárez, J. M. (2023). House cricket (*Acheta domesticus*): A review based on its nutritional composition, quality, and potential uses in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 104226. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104226>
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Dossey, A. T., & Berhow, M. (2020). Self-selection of food ingredients and agricultural by-products by the House Cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): a holistic approach to develop optimized diets. *PLOS ONE*, 15(1), e0227400. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>
- von Hackewitz, L. (2018). The house cricket *Acheta domesticus*, a potential source of protein for human consumption.