

Desempeño productivo de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) bajo cuatro regímenes alimenticios

Jennifer Canales-Cubillo¹ , Jairo Mora-Prendas² 

1. Universidad de Costa Rica, Recinto de Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica; jennifer.canalescubillo@ucr.ac.cr
2. Universidad de Costa Rica, Sede Guanacaste, Recinto de Santa Cruz. Laboratorio de Entomología, Guanacaste, Costa Rica; jairo.mora@ucr.ac.cr

Recibido 21-IV-2026 • Corregido 16-VII-2026 • Aceptado 17-VIII-2026

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v18i1.6512>

ABSTRACT. “Productive performance of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) under four dietary regimens”. **Introduction:** Given the growing interest in entomophagy as an alternative food source in Costa Rica, the production of *A. domesticus* represents an opportunity for the development of innovative production systems. Its consolidation requires the optimization of technical processes under local conditions and the evaluation of strategies aimed at increasing production efficiency and scalability. **Objective:** We evaluated the productive performance of *A. domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) under four dietary regimes in the dry tropics of Costa Rica. **Methods:** We conducted the research at the UCR Santa Cruz Experimental Farm (Guanacaste) from October to December 2024. We evaluated four diets for *A. domesticus* using a completely randomized design with six replicates. After 56 days, we collected the specimens to quantify weight (fresh and dry), densities, and volumetric yields through thermal shock sacrifice and dehydration at 35°C. We analyzed the data in RStudio using Shapiro-Wilk, Levene, ANOVA, and Tukey tests ($p \leq 0,05$). **Results:** We harvested 12 965 individuals with a balanced sex ratio (51% female, 49% male) and no significant differences between diets. The dietary regime significantly affected population growth and biomass, where dog food (D2) proved to be the least efficient. In contrast, diets for hens (D1), tilapia (D3), and chickens (D4) formed a superior and homogeneous group with the best productive parameters. **Conclusions:** Diet does not affect the sex ratio of *A. domesticus*, ensuring system stability. However, nutrition is key to yield: poultry (D1, D4) and fish (D3) concentrates are highly efficient and statistically superior to dog food (D2). This homogeneity among the leading treatments offers producers the flexibility to select inputs based on cost and regional availability without sacrificing productivity.

Keywords: edible insects, cricket, alternative protein, feeding substrates, insect farm.

RESUMEN. Introducción: ante el creciente interés por la entomofagia como alternativa alimentaria en Costa Rica, la producción de *A. domesticus* representa una oportunidad para el desarrollo de sistemas productivos innovadores. Su consolidación requiere optimizar los procesos técnicos bajo condiciones locales y evaluar estrategias que permitan incrementar la eficiencia y escalabilidad de la producción. **Objetivo:** evaluamos el desempeño productivo de *A. domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) bajo cuatro regímenes alimenticios en el trópico seco de Costa Rica. **Métodos:** realizamos la investigación en la Finca Experimental Santa Cruz de la UCR (Guanacaste) durante los meses de octubre a diciembre 2024. Evaluamos cuatro dietas en *A. domesticus* mediante un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Tras 56 días, recolectamos los especímenes para cuantificar su peso (fresco y seco), densidades y rendimientos volumétricos mediante sacrificio por choque térmico y deshidratación a 35°C. Analizamos los datos en RStudio con pruebas de Shapiro-Wilk,

Levene, ANOVA y Tukey ($p \leq 0,05$). **Resultados:** cosechamos 12 965 individuos con una proporción sexual equilibrada (51% hembras, 49% machos) sin diferencias significativas entre dietas. El régimen alimenticio afectó significativamente el crecimiento poblacional y la biomasa, donde el concentrado para perro (D2) resultó ser el menos eficiente. En contraste, las dietas para gallina (D1), tilapia (D3) y pollos (D4) conformaron un grupo superior y homogéneo con los mejores parámetros productivos. **Conclusiones:** la dieta no afecta la proporción sexual de *A. domesticus*, garantizando la estabilidad del sistema. No obstante, la nutrición es clave para el rendimiento: los concentrados para aves (D1, D4) y peces (D3) son altamente eficientes y estadísticamente superiores al de canes (D2). Esta homogeneidad entre los tratamientos líderes ofrece flexibilidad al productor para seleccionar el insumo según costo y disponibilidad regional sin sacrificar la productividad.

Palabras clave: insectos comestibles, grillo, proteína alternativa, sustratos alimenticios, granja de insectos.

Acheta domesticus (Orthoptera: Gryllidae) es un insecto introducido en el continente americano (Triplehorn et al. 2005; Walker, 2005), cuya explotación se ha diversificado desde el mercado de alimento vivo para mascotas exóticas hasta la elaboración de suplementos para consumo humano (Farkas et al., 2025; Finke, 2015; Fleta Zaragozano, 2018; Rumpold & Schlüter, 2013; Siddiqui et al., 2024; Valdés et al., 2022; Yi et al., 2013). Su éxito comercial se atribuye a su elevado perfil proteico y balance de nutrientes disponible en sus tejidos (Bermúdez-Serrano et al., 2023; Pilco-Romero et al., 2023). Estas características, sumadas a su notable capacidad para adaptarse a sistemas de cría intensivos y a su hábito alimenticio omnívoro, posicionan a esta especie como una alternativa sostenible frente a las fuentes convencionales de proteína (Mitchothai et al., 2022; Sorjonen et al., 2019).

La cría intensiva de insectos ofrece ventajas competitivas frente a la ganadería convencional (Gautam et al., 2025; Rojo, 2022). Su modelo de producción permite optimizar el uso del suelo mediante el cultivo vertical en módulos apilados, lo que maximiza la eficiencia espacial (Farkas et al., 2025; Ibitoye et al., 2025). Este sistema se destaca por una huella hídrica significativamente menor y una reducción drástica en las emisiones de gases de efecto invernadero (Lisboa et al., 2024; Van Huis et al., 2013; Wageningen University and Research Centre, 2011). Dichas ventajas comparativas lo posicionan como una alternativa sostenible para la obtención de proteínas de origen animal, especialmente frente a los desafíos impuestos por el cambio climático y la presión sobre los recursos naturales (Akhtar & Isman, 2018; Jafarzadeh et al., 2024).

En condiciones de cautiverio, los grillos son alimentados con dietas heterogéneas que incluyen balanceados para especies domésticas, subproductos de la industria agroalimentaria, así como tejidos vegetales y frutas (Mora-Prendas, 2025; Morales-Ramos et al., 2024; Oloo et al., 2019; Sorjonen et al., 2019). La calidad nutricional del sustrato alimenticio influye significativamente sobre el rendimiento y características físico-químicas del producto final (polvo de grillo) (Álvarez et al., 2020; Andrade et al., 2025; Bawa et al., 2020; Huang et al., 2025; Magara et al., 2024). Actualmente, el mercado internacional de esta especie se centra en el procesamiento y comercialización en forma de polvo, insumo clave para la elaboración de alimentos con alto valor proteico (Karwacka et al., 2024; Rodríguez-Párraga et al., 2025; Rojo, 2022).

Tailandia encabeza la industria global de insectos comestibles con una producción anual de 7 500 toneladas de polvo de grillo; este liderazgo se sustenta en una sólida infraestructura productiva de pequeña y mediana escala, integrada bajo un marco de normas de inocuidad alimentaria que aseguran la competitividad del producto en mercados internacionales (García, 2018; Hanboonsong et al., 2013; Tiwasing et al., 2025). En el continente americano, la industria está encabezada por Canadá, Estados Unidos y México (Global Growth Insights, 2025); sin embargo, persiste una asimetría entre el crecimiento comercial y el desarrollo normativo. A pesar de su

relevante volumen de exportación, países como México y China aún carecen de un marco regulatorio específico que formalice esta actividad (Cruz-García et al., 2025; Lähteenmäki-Uutela et al., 2017).

La industria de insectos comestibles en Costa Rica ha experimentado un crecimiento significativo a partir del marco jurídico establecido por la resolución N° SENASA-DG-R0026-2021, que reconoce a *A. domesticus* como especie apta para la producción comercial (Servicio Nacional de Salud Animal, 2021). Esta apertura normativa, en sinergia con las proyecciones de exportación y los indicadores socioeconómicos reportados por PROCOMER (2022), consolida a la entomofagia como un sector estratégico para la diversificación de la economía nacional.

Para el año 2023, la producción artesanal de grillos frescos se estimó entre los 5 y 15kg/mes (Bermúdez-Serrano et al., 2023). No obstante, existe una propuesta técnica para escalar dicha capacidad a dos toneladas mensuales, un incremento proyectado que responde a los requerimientos de mercados estratégicos como México y Estados Unidos, cuyas demandas oscilan entre las 0,5 y 2 toneladas por mes (Bermúdez-Serrano et al., 2022). A pesar de este potencial, la industria nacional se caracteriza por una baja producción y una marcada centralización geográfica en el Gran Área Metropolitana, donde el consumo interno enfrenta barreras culturales y de desinformación (Bermúdez-Serrano et al., 2023; Quirós-Blanco, 2022).

Ante la necesidad de optimizar los sistemas productivos fuera del Valle Central y fomentar el crecimiento de la industria de insectos comestibles en Costa Rica, es fundamental validar metodologías para la cría de *A. domesticus* adaptadas a condiciones locales. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el desempeño productivo de *A. domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) bajo cuatro regímenes alimenticios en el trópico seco de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Realizamos la investigación durante los meses de octubre a diciembre de 2024, en la granja de insectos de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la Finca Experimental de Santa Cruz (FESC), Guanacaste. Esta granja se encuentra situada en una zona de bosque seco tropical a 41 m s. n. m., bajo las coordenadas geográficas 10°28'54" N y 85°59'28" O.

Al inicio del ensayo, establecimos un pie de cría de *A. domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) bajo condiciones ambientales no controladas, donde registramos una temperatura promedio de 25,1°C y una humedad relativa del 83%. Para el alojamiento de los especímenes, utilizamos cuatro contenedores plásticos con una capacidad de 70L (55cm × 38cm × 33,5cm). Para asegurar la circulación de aire y evitar fugas, perforamos seis aberturas en los laterales superiores de cada contenedor (tres agujeros de 55mm por lado) y las recubrimos con malla antiáfidos de 50 mesh, con una abertura de 0,27mm. Posteriormente, acondicionamos cada unidad de cría con dos cartones de huevo como refugio, un bebedero para canarios de 60mL, un plato Petri para el suministro de alimento y aproximadamente 500 ninfas recién eclosionadas. Suministramos el alimento *ad libitum* empleando uno de los cuatro regímenes evaluados (tratamientos): concentrado para gallinas ponedoras (D1), croquetas para perro (D2), concentrado para tilapia (D3) e iniciador para pollos (D4) (TABLA 1). Mantuvimos esta alimentación de forma continua hasta que los individuos alcanzaron la madurez sexual, momento en que realizamos su sexado.

TABLA 1

Valores nutricionales de los cuatro regímenes alimenticios utilizados para la cría de *A. domesticus* en condiciones de cautiverio

Tratamiento	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra Cruda (%)	Energía digestible (kcal/kg)	Calcio (%)	Fósforo (%)
Gallina ponedora (D1)	13	18	3	4,5	2 900	4,3	0,6
Croquetas para perro (D2)	12	18	10	3	3 000	1	0,6
Concentrado para tilapia (D3)	12	32	6	5	3 000	1,2	0,7
Iniciador para pollos (D4)	13	22	3	4	3 100	1	0,7

Ejecutamos el experimento bajo un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y seis repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en un contenedor con las mismas características y accesorios utilizados en el pie de cría (dos cartones de huevos, un bebedero plástico y un plato Petri). Seleccionamos los especímenes del pie de cría según su sexo e incorporamos diez hembras y tres machos por repetición. Permitimos su reproducción durante 168 horas, tras las cuales retiramos a los progenitores. Posteriormente, supervisamos el desarrollo de las ninfas brindando alimentación *ad libitum* según el tratamiento asignado. Al alcanzar la etapa de cosecha (56 días después del inicio del experimento), recolectamos los especímenes de cada repetición en recipientes plásticos de 946mL debidamente rotulados. Sometimos a los insectos a una hora de congelación para su sacrificio por choque térmico; acto seguido, los clasificamos por sexo y registramos tanto el peso fresco por sexo como el peso total del grupo. Finalmente, deshidratamos los especímenes a 35°C durante 18 horas para determinar el peso seco de cada unidad experimental.

A partir de los datos obtenidos, calculamos el rendimiento volumétrico del peso fresco (Ecuación 1), el rendimiento volumétrico del peso seco (Ecuación 2) y la densidad volumétrica (Ecuación 3).

$$RVF = \frac{PF}{VC} \quad [1]$$

Donde **RVF**: rendimiento volumétrico del peso fresco, **PF**: peso fresco cosechado y **VC**: volumen del contenedor en m³

$$RVS = \frac{PS}{VC} \quad [2]$$

Donde **RVS**: rendimiento volumétrico del peso seco, **PS**: peso seco cosechado y **VC**: volumen del contenedor en m³

$$DV = \frac{TI}{VC} \quad [3]$$

Donde **DV**: densidad volumétrica, **TI**: total de insectos y **VC**: volumen del contenedor en m³

Análisis estadístico: verificamos los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Al confirmar el cumplimiento de dichos supuestos, realizamos un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para identificar diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Ejecutamos todos los análisis estadísticos utilizando el software RStudio (versión 4.5.1).

RESULTADOS

Durante la fase de cosecha, obtuvimos 12 965 grillos adultos, de los cuales el 51% correspondió a hembras ($n = 6\,598$) y el 49% restante a machos ($n = 6\,367$). Aunque observamos un mayor predominio de hembras en las repeticiones alimentadas con concentrado para gallina ponedora (D1), tilapia (D3) y pollo (D4), no detectamos diferencias significativas entre sexos en ninguna de las dietas evaluadas (TABLA 2). Por otra parte, determinamos un efecto significativo del tipo de dieta sobre la media de insectos totales ($p < 0,001$). Registramos en los grillos alimentados con concentrado para perro (D2) la menor población ($\bar{x} = 308$), resultado que los ubicó en un grupo de significancia inferior respecto a las dietas de gallina ponedora ($\bar{x} = 615$), tilapia ($\bar{x} = 672$) y pollo ($\bar{x} = 667$). Identificamos que estos últimos tres tratamientos conformaron un grupo superior y estadísticamente homogéneo, según la prueba de rangos múltiples de Tukey.

TABLA 2

Respuesta poblacional de *A. domesticus* a diferentes regímenes alimenticios: valores totales y promedio de individuos

Tratamientos	Total (n)	Promedio (n)	Clasificación por sexo	
			Machos ($\bar{X}$)	Hembras ($\bar{X}$)
D1	3 691	615 ± 11,0 a	304 ± 6,6 a	311 ± 11,7 a
D2	1 845	308 ± 10,8 b	170 ± 6,5 b	138 ± 11,2 b
D3	4 029	672 ± 11,9 a	321 ± 8,3 a	350 ± 10,5 a
D4	3 400	667 ± 5,5 a	266 ± 6,5 a	301 ± 5,1 a

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba de Tukey. **D1** (balanceado para gallinas ponedoras), **D2** (croquetas para perro), **D3** (balanceado para tilapias), **D4** (iniciador para pollos)

Determinamos, mediante el análisis de la biomasa de *A. domesticus*, que el régimen alimenticio suministrado ejerce un efecto significativo sobre el desarrollo ponderal de los especímenes (Fig. 1). Al evaluar el peso fresco, observamos que los insectos alimentados con croquetas para perro (D2) alcanzaron un peso significativamente menor en comparación con los que recibieron las otras dietas ($p = 2,35 \times 10^{-4}$). Mientras que con los tratamientos basados en concentrado para gallinas ponedoras (D1), iniciador para pollos (D4) y concentrado de tilapia (D3) logramos pesos superiores a los 220g, con el tratamiento D2 registramos valores cercanos a los 100g.

Asimismo, encontramos que los resultados de peso seco fueron consistentes con los obtenidos para el peso fresco. Los insectos alimentados con croquetas para perro (D2) exhibieron un peso seco significativamente menor frente a los que recibieron otras fuentes alimenticias ($p = 2,35 \times 10^{-4}$). En contraste, detectamos un rendimiento similar y sin diferencias significativas entre los tratamientos restantes: concentrado para tilapia (D3), iniciador para pollos (D4) y concentrado para gallinas ponedoras (D1), todos con valores superiores a los 75g de materia seca.

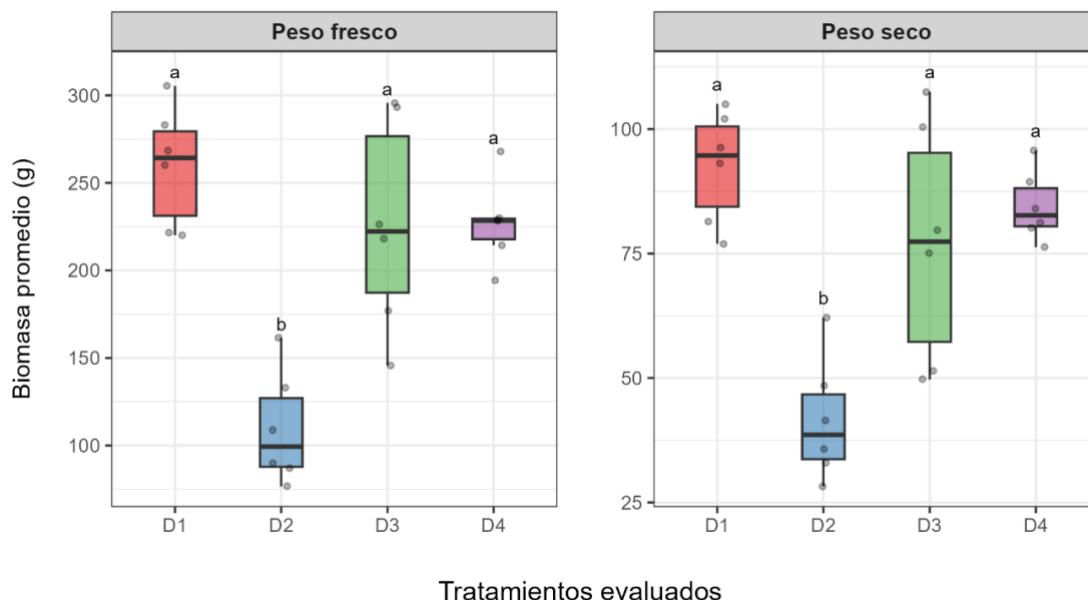


Fig. 1. Biomasa promedio (peso fresco y seco) obtenida de la cosecha de *A. domesticus* en condiciones de laboratorio. **D1** (balanceado para gallinas ponedoras), **D2** (croquetas para perro), **D3** (balanceado para tilapias), **D4** (iniciador para pollos). Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba de Tukey

Observamos variaciones significativas en el desempeño productivo de *A. domesticus* en términos volumétricos según la dieta suministrada (TABLA 3). Determinamos que el concentrado para gallinas ponedoras (D1) generó el mayor rendimiento, con $3,71\text{kg/m}^3$ de peso fresco y $1,32\text{kg/m}^3$ de materia seca; le siguieron los tratamientos D4 (iniciador para pollos) y D3 (concentrado para tilapia), cuyos valores no difirieron estadísticamente de D1. En contraste, registramos con el tratamiento D2 (croquetas para perro) el rendimiento más bajo, con apenas $0,59\text{kg/m}^3$, lo que equivale a una reducción del 55% respecto a los tratamientos de mayor productividad.

En cuanto a la densidad poblacional, contabilizamos en D2 una carga de $4\,393\text{ind/m}^3$, mientras que en D3 alcanzamos la mayor densidad con $9\,593\text{ind/m}^3$. No obstante, detectamos que,

a pesar de su alta densidad, el rendimiento de peso seco en D3 (1,10kg/m³) se mantuvo por debajo del valor obtenido en D1.

TABLA 3

Desempeño productivo y capacidad de carga poblacional de *A. domesticus* bajo cuatro regímenes alimenticios

Tratamientos	Rendimiento volumétrico del peso fresco (Kg/m ³)	Rendimiento volumétrico del peso seco (Kg/m ³)	Densidad volumétrica (Ind/m ³)
D1	3,71 a	1,32 a	8 788a
D2	1,56 b	0,59 b	4 393b
D3	3,23 a	1,10 a	9 593a
D4	3,25 a	1,21 a	8 095a

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba de Tukey. **D1** (balanceado para gallinas ponedoras), **D2** (croquetas para perro), **D3** (balanceado para tilapias), **D4** (iniciador para pollos)

DISCUSIÓN

La distribución sexual observada en la fase de cosecha sugiere que los regímenes alimenticios evaluados no ejercen una presión selectiva sobre la proporción natural de sexos en *A. domesticus*. Numéricamente, se registró un ligero predominio de hembras en tres de los cuatro tratamientos (proporciones de 1,02 a 1,13), lo cual contrasta con los hallazgos de Mora-Prendas (2025) y Vaca-Monteros (2020), quienes reportaron una mayor proporción de machos. Esta discrepancia sugiere que la proporción de sexos responde más a factores ambientales que a la dieta. Según Odhiambo et al. (2022), la especie presenta una marcada sensibilidad térmica: a 18°C predominan las hembras (relación 2,03), mientras que entre 34°C y 38°C la proporción se invierte a favor de los machos, descendiendo hasta 0,61.

El balance sexual en una población de insectos es fundamental para la estabilidad del sistema a largo plazo, ya que garantiza el reemplazo generacional y la producción de huevos, independientemente de la dieta utilizada. Según Soulioti et al. (2025), el desempeño biológico de *Zophobas morio* se favorece cuando las proporciones sexuales son equilibradas o con un sesgo a favor de las hembras. Por su parte, Cheng et al. (2023) demuestran que sesgos hacia los machos en *Loxostege sticticalis* reducen la tasa reproductiva neta y conducen al colapso poblacional. En este sentido, la prevalencia de hembras obtenida en el presente estudio no solo valida la estabilidad del sistema frente a distintos sustratos, sino que es indicador de crecimiento sostenido para la especie.

Los tratamientos D1, D3 y D4 presentaron las densidades poblacionales más altas y homogéneas ($\bar{X} > 600$ individuos), superando significativamente a D2. Este desempeño podría atribuirse a la especificidad y calidad nutricional de las dietas suministradas: mientras que la D1 está formulada para potencializar la postura en gallinas, y D3 y D4 optimizan el desarrollo y ganancia de biomasa en tilapias y pollos, el tratamiento D2 se limita al mantenimiento de perros adultos. En uno de los estudios de Rowe et al. (2024), se menciona que la dieta de *A. domesticus* es un factor determinante para su adecuado desarrollo biológico. Los autores destacan que alimentos con deficiencias nutricionales pueden comprometer la calidad de vida de la especie y, en consecuencia, reducir los rendimientos productivos. De manera consistente, Bawa et al. (2020), Bisht (2025) y

Pastell et al. (2021) sostienen que los regímenes alimenticios más adecuados son aquellos que mantienen un equilibrio nutricional entre proteínas y carbohidratos.

La superioridad de los tratamientos líderes coincide con Jucker et al. (2022) y Kulma et al. (2019), quienes afirman que un alto contenido proteico impulsa el desarrollo poblacional y actúa como estímulo fisiológico para la fecundidad de la especie (Gutiérrez et al., 2020). En contraste, el tratamiento D2 registró una merma del 55% en su biomasa seca, evidenciando limitaciones nutricionales. Este desempeño sugiere que el perfil de aminoácidos, fibra y palatabilidad del alimento para perros son subóptimos para las demandas metabólicas de *A. domesticus*. Según Koppel et al. (2015) y Yadav et al. (2023), la deficiencia mineral y el exceso de fibra en dietas para canes restringen la calidad del alimento y alteran sus propiedades sensoriales, inhibiendo la ingesta y el crecimiento esperado.

En términos de eficiencia del espacio ocupado, el concentrado para tilapia (D3) alcanzó la mayor densidad poblacional (9 593ind/m³); sin embargo, el balanceado para gallinas ponedoras (D1) fue superior en la acumulación de biomasa seca por unidad de volumen (1,32kg/m³). Los resultados indican que la dieta D1 promueve individuos con un mayor peso unitario, lo que representa una ventaja competitiva en términos de rendimiento por área cosechada. En sistemas de producción intensivos la capacidad de maximizar el peso individual sobre la densidad numérica permite reducir el estrés poblacional en los contenedores de cría y optimizar la conversión alimenticia (Birolo et al., 2025; Dediú et al., 2021; Khan et al., 2024; Seo & Park, 2023; Yakti et al., 2022).

Finalmente, el hecho de que los tratamientos D1, D3 y D4 conformaran un grupo estadísticamente homogéneo en la mayoría de las variables de biomasa sugiere que el productor cuenta con una flexibilidad operativa considerable. La elección entre estos balanceados podría basarse más en criterios de costo y disponibilidad regional que en diferencias de productividad biológica, posicionando a los concentrados para aves y peces como sustratos altamente eficientes para la producción de proteína de insecto a escala semicomercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por financiar el Fondo Semilla C3452 “Cría y producción de grillos (*Acheta domesticus*) como fuente de proteína y otros minerales destinados a la alimentación animal, en el trópico seco de Costa Rica”. Asimismo, se agradece a Federico Paniagua Rodríguez funcionario del Museo de Insectos de la Universidad de Costa Rica, por el suministro del pie de cría inicial y su valiosa asesoría técnica en el establecimiento de la colonia experimental.

ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Los autores declaramos haber cumplido plenamente con todos los requisitos éticos y legales aplicables durante el desarrollo del estudio y la elaboración del manuscrito. Asimismo, confirmamos que no existen conflictos de interés de ningún tipo, que todas las fuentes de financiamiento se encuentran completa y claramente indicadas en la sección de agradecimientos, y que estamos totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo. Se ha archivado un documento firmado en los archivos de la revista.

La declaración de la contribución de cada autor al manuscrito es la siguiente: J.C.C. y J.M.P.: diseño del estudio, recopilación y análisis de datos. J.C.C.: Recogida de datos. Todos los coautores: preparación y aprobación final del manuscrito.



REFERENCIAS

- Akhtar, Y., & Isman, M. B. (2018). Insects as an alternative protein source. En R. Y. Yada (Ed.), *Proteins in food processing* (2nd ed., pp. 263–288). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5>
- Álvarez, P.-J., Mateo, J., & Giráldez, J. (2020). Harina de grillo *Acheta domesticus*: composición lipídica y posibilidades sobre su modificación por medio de la dieta. *BISTUA Revista de Ciencias Básicas*, 18(2), 38–43. <https://doi.org/10.24054/bistua.v18i2.841>
- Andrade, R., Martins, L. L., Mourato, M. P., Lourenço, H., Ramos, A. C., Roseiro, C., Pereira, N., Costa, G. J., Lucas, R., Alvarenga, N., Reis, J., Neves, A., Oliveira, M., Dias, I., & Abreu, M. (2025). Nutritional and microbial quality of edible insect powder from plant-based industrial by-product and fish biowaste diets. *Foods*, 14(7), 1242. <https://doi.org/10.3390/foods14071242>
- Bawa, M., Songsermpong, S., Kaewtapee, C., & Chanput, W. (2020). Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket. *Journal of Insect Science*, 20(2), 10. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa014>
- Bermúdez-Serrano, I. M., Quirós-Blanco, A. M., & Acosta-Montoya, Ó. (2023). Producción de insectos comestibles: retos, oportunidades y perspectivas para Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 53052. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53052>
- Bermúdez-Serrano, I. M., Quirós, A. M., & Dornberger, U. (2022). Production and export potential of cricket powder in Costa Rica: An exploratory study. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(6), 645–657. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0139>
- Birolo, M., Trabacchin, V., Sambo, P., Triolone, S., & Nicoletto, C. (2025). Impact of stocking density on growth, feeding behavior, and flesh quality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in coupled aquaponic systems. *Fishes*, 10(11), 552. <https://doi.org/10.3390/fishes10110552>
- Bisht, K. (2025). Optimizing nutritional regimes for sustainable weight gain in house crickets (*Acheta domesticus*) for food security. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 46(10), 145–151. <https://doi.org/10.56557/upjz/2025/v46i104973>
- Cheng, Y., Hu, M., Kang, A., Xiao, Y., Luo, L., & Jiang, X. (2023). The sex ratio indicates the conclusion and onset of population cycles in the beet webworm *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Insects*, 14(10), 781. <https://doi.org/10.3390/insects14100781>
- Cruz-García, K., Ortiz-Hernández, Y. D., Acevedo-Ortiz, M. A., Aquino-Bolaños, T., Aquino-López, T., Lugo-Espinosa, G., & Ortiz-Hernández, F. E. (2025). Edible insects: Global research trends, biosafety challenges, and market insights in the Mexican context. *Foods*, 14(4), 663. <https://doi.org/10.3390/foods14040663>
- Dediu, L., Docan, A., Crețu, M., Grecu, I., Mogodan, A., Maereanu, M., & Oprea, L. (2021). Effects of stocking density on growth performance and stress responses of bester and bester ♀ ×

- beluga ♂ juveniles in recirculating aquaculture systems. *Animals*, 11(8), Article 2292. <https://doi.org/10.3390/ani11082292>
- Farkas, V. I., Máté, M., Takács, K., & Jánosi, A. (2025). The House Cricket (*Acheta domesticus* Linnaeus) in food industry: Farming, technological challenges, and sustainability considerations. *Applied Sciences*, 15(17), Article 9494. <https://doi.org/10.3390/app15179494>
- Finke, M. D. (2015). Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology*, 34(6), 554–564. <https://doi.org/10.1002/zoo.21246>
- Fleta Zaragozano, J. (2018). Entomofagia: ¿Una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanidad Militar*, 74(1), 41–46. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712018000100041
- García, J. I. (2018). *Los insectos como alimento: Nuevas oportunidades de negocio* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Miguel Hernández]. Repositorio Institucional de la Universidad Miguel Hernández. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/7071/1/TFG%20Garc%C3%ADa%20Balsalobre%2C%20Jos%C3%A9%20Ignacio.pdf>
- Gautam, A., Gyawali, I., Poudel, S., Devkota, S., Acharya, R., Kandel, M., & Subedi, D. (2025). Insects as food and feed source: A comprehensive review on nutritional value, food safety concern, environmental benefits, economic potential, technological innovations, challenges, and future prospects. *Food Frontiers*. <https://doi.org/10.1002/fft2.70092>
- Global Growth Insights. (2025, diciembre 1). *Aquí está la lista de las 9 principales empresas de insectos comestibles en 2025*. Global Growth Insights. https://www.globalgrowthinsights.com/es/blog/edible-insects-companies-1039?utm_source=chatgpt.com
- Gutiérrez, Y., Fresch, M., Ott, D., Brockmeyer, J., & Scherber, S. (2020). Diet composition and social environment determine food consumption, phenotype and fecundity in an omnivorous insect. *Royal Society Open Science*. <https://doi.org/10.1098/rsos.200100>
- Hanboonsong, Y., Jamjanya, T., & Durst, P. B. (2013). Six-legged livestock: Edible insect farming, collection and marketing in Thailand. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/docrep/017/i3246e/i3246e.pdf>
- Huang, J., Yu, T., Yuan, B., Xiao, J., & Huang, D. (2025). The addition of *Hermetia illucens* to feed: Influence on nutritional composition, protein digestion characteristics, and antioxidant activity of *Acheta domesticus*. *Foods*, 14(7), 1140. <https://doi.org/10.3390/foods14071140>
- Ibitoye, O., Ayeni, O., Ayanniyi, O., Wealth, A., Kolejo, O., Adenika, O. A., Murtala, M., Oyediji, O., Aremu, A., & Muritala, D. (2025). Advancing urban insect farming: Integrating automation, vertical farming, and sustainable waste management systems. *Discover Agriculture*, 3, Article 37. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00194-8>

- Jafarzadeh, S., Qazanfarzadeh, Z., Majzoobi, M., Sheiband, S., Oladzadabbasabad, N., Esmaeili, Y., Barrow, C. J., & Timms, W. (2024). Alternative proteins: A path to sustainable diets and environment. *Current Research in Food Science*, 9, Article 100882. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100882>
- Jucker, C, Belluco, Bellezza Oddon, S, 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): 631–640. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0121>
- Karwacka, K., Łobacz, A., Ziajka, J., Lis, A., Małkowska-Kowalczyk, M., & Baranowska, M. (2024). Use of house cricket (*Acheta domesticus*) powder in yoghurt products. *Foods*, 13(15), 2426. <https://doi.org/10.3390/foods13152426>
- Khan, S. Z., Usman, A., Khan, K., Tanveer, J., & Israr, M. (2024). Effect of stocking density on performance, survival and nutrient composition of super worm *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Tropical Animal Health and Production*, 56(2), 95. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-03935-x>
- Koppel, K., Monti, M., Gibson, M., Alavi, S., Di Donfrancesco, B., & Carciofi, A. C. (2015). The effects of fiber inclusion on pet food sensory characteristics and palatability. *Animals*, 5(1), 110–125. <https://doi.org/10.3390/ani5010110>
- Kulma, M., Kouřimská, L., Plachý, V., Božik, M., Adámková, A., & Vrabec, V. (2019). Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry*, 278, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.049>
- Lähteenmäki-Uutela, A., Grmelová, N., Hénault-Ethier, L., Deschamps, M. H., Vandenberg, G. W., Zhao, A., Zhang, Y., Yang, B., & Nemané, V. (2017). Insects as food and feed: Laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China. *European Food and Feed Law Review*, 12(1), 22–36. https://www.researchgate.net/publication/316280459_Insects_as_food_and_feed_Laws_of_the_European_union_United_States_Canada_Mexico_Australia_and_China
- Lisboa, H. M., Nascimento, A., Arruda, A., Sarinho, A., Lima, J., Batista, L., Dantas, M. F., & Andrade, R. (2024). Unlocking the potential of insect-based proteins: Sustainable solutions for global food security and nutrition. *Foods*, 13(12), 1846. <https://doi.org/10.3390/foods13121846>
- Magara, H. J. O., Hugel, S., & Fisher, B. L. (2024). Effect of feed on the growth performance, nutrition content and cost of raising the field cricket (*Gryllus madagascarensis*) as a sustainable nutrient source in Madagascar. *Foods*, 13(19), 3139. <https://doi.org/10.3390/foods13193139>
- Mitchaothai, J., Grabowski, N. T., Lertpatarakomol, R., Trairatapiwan, T., Chhay, T., Keo, S., & Lukkananukool, A. (2022). Production performance and nutrient conversion efficiency of field cricket (*Gryllus bimaculatus*) in mass-rearing conditions. *Animals*, 12(17), 2263. <https://doi.org/10.3390/ani12172263>

- Morales-Ramos, J. A., Tomberlin, J. K., Miranda, C., & Rojas, M. G. (2024). Rearing methods of four insect species intended as feed, food, and food ingredients: A review. *Journal of Economic Entomology*, 117(4), 1210–1224. <https://doi.org/10.1093/jee/toae040>
- Mora-Prendas, J. (2025). Evaluación de cuatro regímenes alimenticios para la cría y desarrollo de *Acheta domestica* (Orthoptera: Gryllidae). *UNED Research Journal*, 17(1), e5963. <https://doi.org/10.22458/urj.v17i1.5963>
- Odhiambo, M. A., Ochia, C. O., & Okuto, E. O. (2022). Effects of temperature on the development and survival of cricket species; *Acheta domestica* and *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae). *East African Journal of Agriculture and Biotechnology*, 5(1), 176. <https://doi.org/10.37284/eajab.5.1.834>
- Oloo, J. A., Ayieko, M., & Nyongesah, J. M. (2019). *Acheta domestica* (cricket) feed resources among smallholder farmers in Lake Victoria region of Kenya. *Food Science & Nutrition*, 8(1), 69–78. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1242>
- Pastell, H., Mellberg, S., Ritvanen, T., Raatikainen, M., Mykkänen, S., Niemi, J., Latomäki, I., & Wirtanen, G. (2021). How does locally produced feed affect the chemical composition of reared house crickets (*Acheta domestica*)? *ACS Food Science & Technology*, 1(4), 625–635. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00083>
- Pilco-Romero, G., Chisaguano-Tonato, A. M., Herrera-Fontana, M. E., Chimbo-Gándara, L. F., Sharifi-Rad, M., Giampieri, F., Battino, M., Vernaza, M. G., & Álvarez-Suárez, J. M. (2023). House cricket (*Acheta domestica*): A review based on its nutritional composition, quality, and potential uses in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 142, 104226. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104226>
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica [PROCOMER] (2022) Costa Rica con potencial para incorporarse a mercado mundial de insectos comestibles. <https://www.procomer.com/noticia/costa-rica-con-potencial-para-incorporarse-a-mercado-mundial-de-insectos-comestibles/>
- Quirós-Blanco, A. M. (2022). Análisis del sector de los insectos comestibles en Costa Rica. *La Alimentación Latinoamericana*, 56(361), 54–60. <https://hdl.handle.net/10669/87418>
- Rodríguez-Párraga, J., Botella-Martínez, C. M., Viuda-Martos, M., Santos, E. M., Pérez-Álvarez, J. Á., Lucas-González, R., & Fernández-López, J. (2025). Enhancing pork patties with cricket (*Acheta domestica*) powder: A feasibility study on quality attributes. *Applied Sciences*, 15(20), 11260. <https://doi.org/10.3390/app152011260>
- Rojo, M. (2022). *El grillo doméstico (Acheta domestica) como nuevo alimento en la Unión Europea: Usos y aplicaciones en la industria alimentaria* [Trabajo de fin de grado, Universidad del País Vasco]. Universidad del País Vasco. <https://es.scribd.com/document/706445601/El-grillo-comun>

- Rowe, E., Robles, K., Robinson, K., Baudier, K., & Barrett, M. (2024). Farmed cricket (*Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis*, and *Gryllodes sigillatus*; Orthoptera) welfare considerations: Recommendations for improving global practice. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(8), 1253–1311. https://brill.com/view/journals/jiff/10/8/article-p1253_1.xml
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802–823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Seo, J., & Park, J. (2023). Does stocking density affect growth performance and hematological parameters of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in a recirculating aquaculture system. *Animals*, 13(1), 44. <https://doi.org/10.3390/ani13010044>
- Servicio Nacional de Salud Animal. (2021). Lista oficial de los nombres científicos de los animales considerados como domésticos, que se regularán por lo dispuesto en la Ley General del Servicio Nacional de Salud Animal, N.º 8495 y serán competencia exclusiva de esta Autoridad Sanitaria (Resolución SENASA-DG-R0026-2021). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.senasa.go.cr>
- Siddiqui, S. A., Zhao, T., Fitriani, A., Rahmadhia, S. N., Alirezalu, K., & Fernando, I. (2024). *Acheta domesticus* (house cricket) as human foods – an approval of the European commission – A systematic review. *Food Frontiers*, 5(2), 435–473. <https://doi.org/10.1002/fft2.358>
- Sorjonen, J. M., Valtonen, A., Hirvisalo, E., Karhapää, M., Lehtovaara, V. J., Lindgren, J., Marnila, P., Mooney, P., Mäki, M., Siljander-Rasi, H., Tapio, M., Tuiskula-Haavisto, M., & Roininen, H. (2019). The plant-based by-product diets for the mass-rearing of *Acheta domesticus* and *Gryllus bimaculatus*. *PLoS ONE*, 14(6), e0218830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218830>
- Soulioti, P., Adamaki-Sotiraki, C., Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2025). Beyond balance: The impact of adult sex ratios on reproduction and longevity in *Zophobas morio* rearing. *Biogerontology*, 26(1), 36. <https://doi.org/10.1007/s10522-024-10178-8>
- Tiwasing, P., Bek, D., Siriamornpun, S., Ferreira, J., Weerapreeyakul, N., Tanomtung, A., & Nakkote, P. (2025). Edible insects and export challenges: Insights from Thailand's cricket industry. *Journal of Insects as Food and Feed*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1163/23524588-bja10285>
- Triplehorn, C. A., Johnson, N. F., & Borror, D. J. (2005). *Borror and DeLong's introduction to the study of insects* (7th ed.). Thomson Brooks/Cole.
- Vaca-Monteros, J. G. (2020). Evaluación de dietas en la cría y reproducción de grillos (*Acheta domesticus* Linnaeus) para la obtención de harina en la Granja Experimental La Pradera-Chaltura [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10548>

- Valdés, F., Villanueva, V., Durán, E., Campos, F., Avendaño, C., Sánchez, M., Domínguez-Araujo, C., & Valenzuela, C. (2022). Insects as feed for companion and exotic pets: A current trend. *Animals (Basel)*, 12(11), 1450. <https://doi.org/10.3390/ani12111450>
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security* (FAO Forestry Paper No. 171). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>
- Wageningen University and Research Centre. (2011, January 9). *Edible insects produce smaller quantities of greenhouse gases than cattle*. ScienceDaily. Retrieved January 15, 2026, from <https://www.sciencedaily.com/releases/2011/01/110107083737.htm>
- Walker, T. J. (2005). *House cricket, Acheta domesticus (Linnaeus): EENY-063/IN220* (EDIS 2005, No. 15). UF/IFAS Extension, University of Florida. <https://doi.org/10.32473/edis-in220-1999>
- Yadav, M. K., Rekha, M. M., & Islam, J. (2023). Evaluation of nutrient content and quality of commercial dog foods. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 24(2), 501–510. <https://veterinaria.org/index.php/REDVET/article/view/364>
- Yakti, W., Schulz, S., Marten, V., Mewis, I., Padmanabha, M., Hempel, A.-J., Kobelski, A., Streif, S., & Ulrichs, C. (2022). The effect of rearing scale and density on the growth and nutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Sustainability*, 14(3), 1772. <https://doi.org/10.3390/su14031772>
- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V. R., van Huis, A., & van Boekel, M. A. J. S. (2013). Extraction and characterization of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*, 141(4), 3341–3348. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.115>