

Elaboración de un alimento funcional tipo granola con harina de grillo: propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales

Preparation of a granola-type functional food with cricket flour: physicochemical, microbiological and sensory properties

***Campo Vera Yesenia¹, Delgado Caicedo Mónica Alexandra²**

¹ Instituto Superior de Educación Rural, ISER. Facultad de Ingeniería e Informática. Grupo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Cll 8 # 8-155 Barrio Chapinero A.A 1031, Tel: 568 6868, Pamplona-Norte de Santander. Colombia.

*✉Correo electrónico: yesenia.campo.vera@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4658-8113>

² Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Innovación Tecnológica y Ambiental Araucana – GIISATA, Grupo de Investigación en Ciencias Sociales, Agroindustrial – Carrera 20 No. 28-163, Tel: 78856340, Arauca-Arauca. Colombia.

*✉Correo electrónico: monykdg@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9727-2376>

Recibido: febrero 18 de 2025; Aprobado: junio 10 de 2025; Publicado: junio 28 de 2025

RESUMEN

La inseguridad alimentaria mundial afecta a más de 735 millones de personas, lo que impulsa la búsqueda de fuentes de proteínas alternativas, sostenibles y accesibles. Entre estas, la harina de grillo (*Acheta domesticus*) destaca por su alto contenido proteico (hasta un 76%), perfil nutricional completo y bajo impacto ambiental. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar y evaluar barras tipo granola enriquecidas con harina de grillo, analizando sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y nutricionales. Se formularon tres prototipos de barra con 0% (control), 25% y 40% de harina de grillo, combinada con 20% de miel y una mezcla de cereales. Las barras se produjeron bajo buenas prácticas de manufactura y se sometieron a

análisis fisicoquímicos (siguiendo los métodos AOAC), pruebas microbiológicas (según las normas NTC 3749) y evaluación sensorial mediante una escala hedónica de 6 puntos con 60 panelistas no entrenados. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y la prueba post hoc de Diferencia Mínima Significativa (DMS) en SPSS versión 26.0. Los resultados mostraron que las barras con harina de grillo alcanzaron niveles de proteína de 13.89% y 21.36%, en comparación con 9.11% en el control. También presentaron menor contenido de grasa y humedad, lo que mejoró la textura y la vida útil. Las pruebas microbiológicas confirmaron que todas las muestras cumplieron con los estándares de seguridad alimentaria. La evaluación sensorial indicó que el prototipo con 25% de harina de grillo fue el más preferido en sabor, color y textura. En conclusión, la incorporación de harina de grillo en las barras de granola mejora significativamente su perfil nutricional y funcional, ofreciendo una alternativa saludable, sostenible y aceptada por el consumidor en el mercado de alimentos funcionales.

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia Yesenia Campo E-mail: yesenia.campo.vera@gmail.com



Palabras clave: Aceptación, grillo, inseguridad, nutrición, sostenibilidad.

ABSTRACT

Global food insecurity affects over 735 million people, driving the search for alternative, sustainable, and accessible protein sources. Among these, cricket flour (*Acheta domesticus*) stands out due to its high protein content (up to 76%), complete nutritional profile, and low environmental impact. This study aimed to develop and evaluate granola-type bars enriched with cricket flour, analyzing their physicochemical, microbiological, sensory, and nutritional properties. Three bar

prototypes were formulated with 0% (control), 25%, and 40% cricket flour, combined with 20% honey and a cereal mix. The bars were produced under good manufacturing practices and subjected to physicochemical analyses (following AOAC methods), microbiological testing (according to NTC 3749 standards), and sensory evaluation using a 6-point hedonic scale with 60 untrained panelists. Statistical analysis was performed using ANOVA and the Least Significant Difference (LSD) post hoc test in SPSS version 26.0. Results showed that the bars with cricket flour reached protein levels of 13.89% and 21.36%, compared to 9.11% in the control. They also had lower fat and moisture content, enhancing texture and shelf life. Microbiological tests confirmed all samples met food safety standards. Sensory evaluation indicated that the 25% cricket flour prototype was the most preferred in taste, color, and texture. In conclusion, incorporating cricket flour into granola bars significantly improves their nutritional and functional profile, offering a healthy, sustainable, and consumer-accepted alternative in the functional food market.

Key words: Acceptance, cricket, insecurity, nutrition, sustainability

.INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2024, aproximadamente 6.1 millones de personas en Colombia padecen de hambre. Esta cifra representa un reto significativo para el país en términos de seguridad alimentaria y nutrición, impulsando la búsqueda de proteínas

alternativas sostenibles (Omuse *et al.*, 2024, Van Huis, 2021).

La entomofagia se presenta como una solución prometedora, con insectos como los grillos, que contienen entre 27% y 76% de proteína (Uribe y Morales, 2022; Pilco *et al.*, 2023). En este contexto, la harina de grillo (*Acheta domesticus*) ha emergido

como una fuente con alto contenido proteico ($\approx 70\%$), aminoácidos esenciales, ácidos grasos omega, hierro y zinc, además de una huella ambiental significativamente reducida comparada con las proteínas tradicionales (Stone, Tanaka & Nickerson, 2019; Van Huis, 2021; Pastrana *et al.*, 2025). Estudios recientes han explorado su incorporación en matrices alimentarias diversas desde tortillas y galletas hasta productos extrudidos revelando mejoras notables en el perfil nutricional sin sacrificar la aceptabilidad sensorial (Ivanišová *et al.*, 2023; Ayustaningwarno *et al.*, 2024; Singhato and Rueangsri, 2024; Barros-Portnoy *et al.*, 2024; Púa-Rosado *et al.*, 2022).

La producción y consumo de harina de grillo en Colombia han ganado relevancia como una alternativa sostenible y nutricionalmente valiosa. En comparación con la ganadería tradicional, la cría de grillos requiere menos recursos y genera menos emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contribuye a mitigar el cambio climático. En el mercado global, la harina de grillo ha demostrado ser un ingrediente versátil y de alto valor añadido, con el potencial de mejorar la seguridad alimentaria de comunidades vulnerables (Morillo & Villegas, 2024).

Las barras de cereales han emergido como una opción popular y conveniente en el mercado alimenticio moderno. Elaboradas a partir de una diversidad de cereales, frutos secos, semillas y otros ingredientes nutritivos, estas barras compactas ofrecen una solución práctica para aquellos que buscan un snack saludable y portátil (Morillo & Villegas, 2024; Palacio-Montañez *et al.*, 2023; Calsada-Urbe *et al.*, 2022).

Su creciente consumo se atribuye a factores como su fácil accesibilidad, la versatilidad de su uso, ya sea como refrigerio, desayuno rápido o suplemento energético durante actividades físicas, y la amplia variedad de presentaciones disponibles, que incluyen opciones orgánicas, veganas y sin gluten (Klerks *et al.*, 2022). Asimismo, el marketing de un estilo de vida saludable ha impulsado su posicionamiento como una alternativa más nutritiva en comparación con otros aperitivos tradicionales (Pastrana *et al.*, 2025).

El valor nutricional de las barras de cereales es un aspecto crucial a considerar. Estas pueden representar una fuente conveniente y eficaz de energía, fibra, proteínas, vitaminas y minerales esenciales, así como grasas saludables, dependiendo de la

composición específica de sus ingredientes (Singhato and Rueangsri, 2024; Osorio-Salazar et al., 2024). El objetivo de esta investigación es elaborar un alimento

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de harina de grillo (*Acheta domesticus*)

Para la elaboración de harina, se trabajó con una población inicial de 800 grillos adultos de ambos sexos, criados en las instalaciones del SENA Arauca. De esta población, se seleccionaron 1200 unidades con un peso promedio de 0.59g, lo que representó un total de 700 g de biomasa viva. La crianza se desarrolló en cinco jaulas plásticas de 50 × 70cm, equipadas con recipientes para avena, agua y bandejas de incubación, así como cartón porta huevos en el fondo como refugio y superficie de cópula. El ambiente fue monitoreado diariamente, manteniendo una temperatura media de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa cercana al 80% (Morillo & Villegas, 2024). Los grillos destinados a la molienda fueron sacrificados mediante congelación a -5°C por una hora, lavados con agua clorada durante tres minutos y escurridos en tamiz. El secado se realizó en un horno convectivo a 50°C durante 48 horas, alcanzando una humedad final del

funcional tipo granola con harina de grillo: evaluando las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

14 %. La molienda se llevó a cabo en dos pasadas con molino de tornillo sin fin, seguida de tamizado para eliminar residuos sólidos no molidos. Se obtuvo un total de 260g de harina, lo que corresponde a un rendimiento del 36,7% respecto al peso inicial procesado; la harina se almacenó en frascos herméticos, protegida de la luz, humedad y oxígeno, a temperatura ambiente controlada ($25^\circ\text{C} \pm 2$). (Morillo & Villegas, 2024).

- **Formulación base para barras de cereales tipo granola**

Se elaboraron tres formulaciones distintas de barras tipo granola, variando el porcentaje de harina de grillo (0 %, 25 % y 40 %), manteniendo constante el contenido de miel (20%) como aglutinante. La mezcla base incluyó avena en hojuelas, arroz inflado y quinua tostada en proporciones iguales. La distribución de ingredientes se refleja en la tabla 1.

Tabla1. Formulación base de las barras de granola con diferentes proporciones de harina de grillo.

Prototipo	Harina de grillos (%)	Miel (%)	Granola (%)
Control	0	20	80
1	25	20	55
2	40	20	40

• Proceso de elaboración

Los ingredientes secos fueron mezclados manualmente hasta lograr una distribución homogénea. Luego, se incorporó la miel previamente calentada (a 40 °C) para facilitar la mezcla. La masa obtenida fue colocada en moldes rectangulares, presionada para compactar y horneada a 150 °C durante 15 min. Una vez frías, las barras fueron cortadas en porciones estándar (20g) y empacadas en bolsas de polietileno para su análisis posterior (Morillo y Villegas, 2024).

• Análisis fisicoquímicos

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Alimentos del Centro de Investigación y Tecnología en Alimentos (CICTA) de la Universidad Industrial de Santander. Se aplicaron los métodos oficiales de la AOAC

(Association of Official Agricultural Chemists, 2019), según los siguientes procedimientos: Contenido de cenizas: método AOAC 923.03, contenido de grasa: métodos AOAC 920.85 y AOAC 920.39, contenido de humedad: método AOAC 935.29, contenido de proteína (N × 6.25): método AOAC 988.05. Cada análisis se realizó por triplicado para asegurar precisión y reproducibilidad.

• Análisis microbiológico

Para verificar la inocuidad de las barras, se realizaron análisis microbiológicos de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 3749. Se evaluaron los siguientes parámetros: Recuento de mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales, mohos y levaduras, presencia de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*. Las muestras se incubaron en medios específicos bajo condiciones controladas, y los resultados se interpretaron según los límites permitidos por la legislación sanitaria vigente para alimentos listos para el consumo.

• **Evaluación sensorial.** La evaluación sensorial de las barras tipo granola se llevó a cabo en el laboratorio del SENA Arauca, utilizando un panel de 60 jueces no entrenados, conformado por

estudiantes y personal técnico voluntario. Cada juez evaluó de forma individual e independiente las tres formulaciones: control (0 %), 25 % y 40 % de harina de grillo. Para evitar sesgos, las muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos y presentadas en orden aleatorio. La evaluación se realizó en condiciones controladas de iluminación, temperatura y ventilación.

Se aplicó una escala hedónica de 6 puntos, donde 1 correspondía a “me disgusta muchísimo” y 6 a “me gusta muchísimo”. Se evaluaron cuatro atributos: color, olor, textura y sabor general (Stone *et al.*, 2019). Además, se permitió a los participantes hacer comentarios cualitativos sobre las muestras. Antes del inicio, los jueces recibieron instrucciones básicas sobre el uso de la escala y se les ofreció agua para enjuagar el paladar entre cada muestra.

Análisis estadístico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de harina de grillo (*Acheta domesticus*)

Los 1200 grillos adultos procesados arrojaron 260g de harina, lo que representa un rendimiento del 36,7% en peso seco. Resultados similares fueron reportados por

Los datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos y sensoriales fueron procesados con el software SPSS versión 26.0. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para detectar diferencias significativas entre las tres formulaciones de barras en cada variable evaluada. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), se utilizó la prueba post hoc de diferencia mínima significativa (LSD) para identificar qué tratamientos presentaban diferencias entre sí.

Los resultados fueron expresados como media $\pm$ desviación estándar, y los análisis se realizaron por triplicado en el caso de las pruebas fisicoquímicas, y por muestra completa en el caso del análisis sensorial. Este tratamiento estadístico permitió determinar el efecto del nivel de inclusión de harina de grillo sobre las propiedades funcionales y la aceptabilidad del producto.

Bresciani *et al.* (2022) al obtener rendimientos ligeramente superiores ($\approx 40\%$) tras secar *A. domesticus* a distintas temperaturas, aunque destacaron que procesos térmicos elevados pueden reducir el rendimiento por oxidación lipídica.

El secado convectivo a 50 °C por 48 horas redujo la humedad hasta aproximadamente 14%, lo que coincide con estándares óptimos para harina de insecto, según Pecová *et al.* (2024), quienes observaron valores similares y reportaron una correlación inversa significativa entre contenido de insecto y humedad en barras funcionales. Además, otros estudios, como el de Marzoli *et al.* (2023), mostraron que el control de humedad en harinas de grillos es crucial para garantizar estabilidad microbiológica y prevenir rancidez.

La harina presentó un perfil nutricional rico en proteínas, con valores esperados en el rango alto definido por literatura reciente: entre 57% y 70% proteína en peso seco. Estos porcentajes superan ampliamente a los de cereales convencionales, validando su uso como ingrediente funcional (Stone, Tanaka & Nickerson, 2019; Van Huis, 2021; Ivanišová *et al.*, 2023).

- **Formulación base para barras de cereales tipo granola**

En cuanto a la composición nutricional, la formulación con 25% harina de grillo alcanzó un contenido proteico del 13.89%, frente al 9,11% del control, reflejando un aumento significativo ($p < 0.05$) atribuible a la inclusión de harina de grillo. Estos

resultados concuerdan con los reportados por Ivanišová *et al.* (2023) en barras de cereal con insectos, quienes indicaron que incorporaciones del 20–25 % elevaron la proteína total en un 40 % sin alterar negativamente el perfil sensorial. Asimismo, estudios sobre galletas de avena enriquecidas con *Acheta domesticus* también documentan aumentos similares en proteína, confirmando la efectividad de formulaciones intermedias en términos de balance nutricional y textura aceptable (Coppola *et al.*, 2025).

- **Análisis fisicoquímicos**

Los resultados fisicoquímicos se presentan en la Tabla 2, donde se muestra que la fórmula con inclusión del 25% de harina de grillo presentó un contenido de humedad de 12% y actividad de agua (a_w) de 0,58, mientras que la de 50% alcanzó 14,89%, valores significativamente inferiores al 18,13% observado en la barra de control; parámetros favorables para la estabilidad microbiológica y la vida útil del producto (Dandadzi *et al.*, 2023). Coppola *et al.* (2025) encontraron valores comparables (a_w entre 0,55 y 0,60) en barras enriquecidas con insectos, asociando estos niveles con mayor durabilidad y menor riesgo de degradación.

Además, la textura se mantuvo consistente, con firmeza intermedia similar a la de barras comerciales, lo que respalda que la inclusión del 25% de harina no compromete la funcionalidad estructural. Así mismo, Wójtowicz *et al.* (2023) observaron que en barras que la incorporación del 30% de harina de grillo resultó en menor contenido de humedad comparado con la formulación control. Estudios recientes demuestran que la capacidad de retención de agua de la harina de grillo suele ser más baja en comparación con harinas convencionales. Bartkiene *et al.* (2022) encontraron que en panificaciones con hasta 15% de harina de grillo, la humedad del producto tiende a reducirse, apoyando la teoría de menor retención hídrica.

Estudio de Wójtowicz *et al.* (2023) mostraron que la inclusión en un 10% de harina de insecto en snacks sólidos disminuye la humedad del producto y mejora su conservación.

El contenido de ceniza en las barras enriquecidas con 25% y 40% de harina de grillos fue de 1,42% y 1,73%, respectivamente, superando el 1,01% de la barra de control. Este aumento es consistente con estudios recientes de Ayustaningwarno *et al.* (2024) quienes

reportan mayores niveles de minerales cuando se utiliza harina de grillo en chips de verduras crujientes mostró valores de ceniza entre 3,04% y 3,40%, dependiendo del método de secado y galletas integradas con 20% de harina de grillo presentaron mayores niveles minerales, incluidos Ca, Mg, Fe y Zn. Estos datos refuerzan que la incorporación de grillos mejora significativamente el contenido mineral del producto final.

Tabla 2. Resultados de los análisis fisicoquímicos de barras enriquecidas con harina de grillos.

Prototipo	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
Control	18.13±1.1 2a	1.01±0.0 1c	6.98±0.4 9a	9.11±1.28 c
Barra 25 % HG	12.01±1.6 5c	1.42±0.0 2b	4.12±0.2 3b	13.89±2.4 3b
Barra 40 % HG	14.89±1.3 4b	1.73±0.0 3a	3.24±0.7 6c	21.36±3.1 1a
P valor	0.007	0.000	0.002	0.000

HG: Harina de grillo. Letras distintas entre columnas son diferencias mínimas significativas según la prueba de DMS-Anova ($p < 0.05$) entre los tratamientos. DE: desviación estándar ($n=3$).

Con respecto al contenido de grasas en las barras con 25% y 40% de grillo fue de 4,12% y 3,24%, respectivamente, comparado con el 6,98% de la barra de

control. Este descenso es atribuible a la sustitución parcial de frutos secos y semillas (ingredientes naturalmente altos en grasa) por harina de grillo, que aporta menos grasas totales y saturadas. Estudios sobre composición de harina de grillos confirman que su contenido graso varía entre ~20%–29%, principalmente insaturado (como oleico, linoleico y palmítico), con menor proporción de saturados (Bbosa *et al.*, 2025; Sadeghi *et al.*, 2025). Aunque el grillo aporta grasas, estas no son tan concentradas como en semillas o nueces tradicionales. Además, su perfil insaturado es beneficioso, pues se asocia a un menor riesgo cardiovascular.

Las barras enriquecidas aumentaron significativamente su contenido proteico: 13,89% (25% harina de grillos) y 21,36% (40%), frente al 9,11 % de la barra control, representando incrementos del 52% y 134%, respectivamente (Tabla 2); debido a que la harina de grillos es una fuente eficaz de proteína de alta calidad en alimentos procesados. Estudios recientes muestran que la proteína en harina de grillo oscila entre 45% y 70% en peso seco, dependiendo del procesamiento (Stone, Tanaka & Nickerson, 2019; Anyasi *et al.*, 2025).

Estos resultados son similares a los reportados por Wójtowicz *et al.* (2023), quienes informaron aumentos significativos en el contenido de proteína en barras con 30% de harina de grillo. Asimismo, Zielińska y Pankiewicz (2023) afirman que las barras con harina de grillo contienen un perfil completo de aminoácidos esenciales y buena digestibilidad comparables a los suplementos comerciales.

• Análisis microbiológico

Los resultados microbiológicos presentados en la Tabla 3 evidencian que las barras tipo granola enriquecidas con harina de grillos cumplen con los requisitos establecidos por la Resolución 1407 de 2022 para alimentos listos para consumo humano. Los análisis incluyeron la detección de coliformes totales, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y el recuento de mohos y levaduras. No se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ningún análisis efectuado.

Tabla 3. Resultados de los análisis microbiológicos de barras enriquecidas con harina de grillos.

Prototipo	Resolución 1407 de 2022	Control	Barra 25% HG	Barra 50% HG	P valor
Coliformes	<10 ufc/g	<10 ufc/g ^a	<10 ufc/g ^a	<10 ufc/g ^a	1,000
<i>Escherichia</i>	<10 ufc/g	<10 ufc/g ^a	<10 ufc/g ^a	<10 ufc/g ^a	1,000

<i>coli</i>					
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia/25g	Ausencia/25g	Ausencia/25g	Ausencia/25g	1,000
Mohos y levaduras	3x10 ³ ufc/g	2x10 ³ ufc/g ^a	2x10 ³ ufc/g ^a	2x10 ³ ufc/g ^a	1,000

HG: Harina de grillo. Letras distintas entre filas son diferencias mínimas significativas según la prueba de DMS-Anova ($p < 0.05$) entre los tratamientos. DE: desviación estándar ($n=3$).

La ausencia de coliformes totales y *E. coli* en todas las muestras evaluadas sugiere que el proceso de formulación y manipulación de las barras se realizó bajo condiciones higiénicas adecuadas. Estos resultados concuerdan con los criterios de calidad microbiológica establecidos para productos de cereal listos para el consumo (FAO and WHO, 2021). Además, otros estudios recientes han demostrado que la incorporación de harina de insectos no compromete la seguridad microbiológica del producto final, siempre que se apliquen procedimientos adecuados de deshidratación y almacenamiento (Marzoli *et al.*, 2023).

Estos resultados podrían estar relacionados con el menor contenido de humedad observado en dichas formulaciones, el cual disminuye la actividad acuosa y limita el crecimiento microbiano (Dandadzi *et al.*, 2023).

Evaluación sensorial

La formulación con inclusión del 25% de harina de grillo obtuvo puntuaciones promedio superiores (4,8 sobre 6) en atributos de sabor, textura y color, superando al control sin grillo (3,9) y a la fórmula con 40% (4,6). Estos resultados están alineados con hallazgos de Willeke *et al.* (2025) y Adámek *et al.* (2018), quienes indicaron que niveles moderados (20–25%) de harina de grillo o insecto generan aceptación sensorial similar o mejor que las versiones sin insectos.

La mayor aceptación sensorial observada con 25% de harina de grillo puede explicarse por la curva de aceptación dependiente de la dosis. Gantner *et al.* (2024); Osimani *et al.* (2018) y Biró *et al.* (2020) sugieren que la inclusión sensorialmente aceptable de harina de grillo generalmente se sitúa entre 10% y 25%, ya que más allá de ese rango pueden aparecer notas desagradables o cambios en textura y color que disminuyen la aceptación. Además, Amoah *et al.* (2023) destacaron que los consumidores valoran más las características sensoriales tradicionales cuando el producto contiene insectos en forma no visible y en proporción moderada, tal como se consiguió con la formulación al

25%, evidenciando un equilibrio entre innovación y familiaridad.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que la incorporación de harina de grillo en barras tipo granola no solo mejora significativamente el perfil nutricional del producto especialmente en términos de proteína y minerales, sino que también mantiene su inocuidad microbiológica y mejora su estabilidad fisicoquímica.

Se logró una alta aceptación sensorial en formulaciones con 25% de harina de grillo, lo que valida su viabilidad en el desarrollo de alimentos funcionales.

Los hallazgos refuerzan el potencial de los insectos comestibles como ingredientes alternativos sostenibles y altamente nutritivos, alineados con los desafíos actuales en seguridad alimentaria y producción responsable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda explorar el efecto de diferentes métodos de procesamiento de la harina de grillo (deshidratación, tostado, fermentación) sobre las propiedades sensoriales, funcionales y nutricionales del

Los resultados obtenidos posicionan a la harina de grillo como un recurso estratégico en la innovación de productos alimenticios que combinan alto valor nutricional, aceptación sensorial y sostenibilidad ambiental.

Su inclusión en barras de granola representa una solución viable para diversificar la oferta proteica en el mercado y promover el consumo de fuentes no convencionales de proteína con bajo impacto ecológico.

Este trabajo sienta las bases para futuras investigaciones en formulaciones funcionales y abre oportunidades de desarrollo para la industria alimentaria orientada a consumidores conscientes, deportistas y poblaciones con necesidades nutricionales específicas.

producto final. Esto permitiría optimizar la formulación para mejorar la aceptación del consumidor sin comprometer el valor nutricional.

Futuras investigaciones deberían evaluar la biodisponibilidad de micronutrientes y la digestibilidad proteica de las barras enriquecidas con harina de grillo en estudios in vivo o simulados in vitro. Estos

datos son clave para validar el impacto real en la nutrición humana y respaldar declaraciones funcionales en el etiquetado del producto.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Adámek, M., Mlček, J., Adámková, A., & Borkovcová, M. (2018). Acceptability and sensory evaluation of energy bars and biscuits with insect protein. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12(1), 431–437.
<https://doi.org/10.5219/848>

Amoah, I., Cobbinah, J. C., Yeboah, J. A., Essiam, F. A., Lim, J. J., Tandoh, M. A., & Rush, E. (2023). Edible insect powder for enrichment of bakery products—A review of nutritional, physical characteristics and acceptability of bakery products to consumers. *Future Foods*, 8, 100251.
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100251>

Anyasi, T. A., Acharya, P., & Udenigwe, C. C. (2025). Edible insects as an alternative protein source: Nutritional composition and global consumption patterns. *Future Foods*, 12, 100699.
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100699>

AOAC International. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). Association of Official Agricultural Chemists.

Ayustaningwarno, F., Ayu, A. M., Syiffah, L., Muthia, H., Amalina, F. A., Afifah, D. N., ... & Susilo, M. T. (2024). Physicochemical and sensory properties of cookies with cricket powder as an alternative snack to prevents iron deficiency anemia and chronic energy deficiency. *Applied Food Research*, 4(2), 100485.
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100485>

Barros Portnoy Israel, Tarón Dunoyer Arnulfo, Mercado Camargo Jairo. (2024). Evaluación De La Funcionalidad Y Actividad Antioxidante De Un Bocado A Base De Kiwi (*Actinidia Deliciosa*) Y Chontaduro (*Bactris Gasipaes*), Con Goma Guar Y Xanthán. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125

-
- ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 21 N° 1. Pp: 211 – 225. <https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.3152>
- Calsada Uribe Nataly Jullyet.; Caballero Pérez Luz Alba; Soto Tolosa Erika Paola. (2022). Elaboración de una barra proteica con recubrimiento de un gel energético a base de café. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 5 - 23. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.2282>.
- Bartkiene, E., Starkute, V., Katuskevicius, K., Laukyte, N., Fomkinas, M., Vysniauskas, E., ... & Zokaityte, E. (2022). The contribution of edible cricket flour to quality parameters and sensory characteristics of wheat bread. Food Science & Nutrition, 10(12), 4319–4330. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3024>
- Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020). Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. Foods, 9(11), 1561. <https://doi.org/10.3390/foods9111561>
- Bresciani, A., Cardone, G., Jucker, C., Savoldelli, S., & Marti, A. (2022). Technological performance of cricket powder (*Acheta domesticus* L.) in wheat-based formulations. Insects, 13(6), 546. <https://doi.org/10.3390/insects13060546>
- Coppola, F., Lombardi, S. J., & Tremonte, P. (2025). Edible insect meals as bioactive ingredients in sustainable snack bars. Foods, 14(4), 702. <https://doi.org/10.3390/foods14040702>
- Dandadzi, M., Musundire, R., Muriithi, A., & Ngadze, R. T. (2023). Effects of drying on the nutritional, sensory and microbiological quality of edible stinkbug (*Encosternum delgorguei*). Heliyon, 9(8), e18642. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18642>
- FAO & WHO. (2021). Microbiological risk assessment – Guidance for food. Microbiological Risk Assessment Series No. 36. <https://doi.org/10.4060/cb5006en>
- FAO. (2024). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2024: Seguridad alimentaria en riesgo. <https://www.fao.org>
- Gantner, M., Sadowska, A., Piotrowska, A., Kulik, K., Sionek, B., & Kostyra, E. 233

- (2024). Wheat bread enriched with house cricket powder (*Acheta domesticus* L.) as an alternative protein source. *Molecules*, 29(3), 711. <https://doi.org/10.3390/molecules29030711>
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). (2005). NTC 3749: Industrias alimentarias. Productos de molinería. Cereales alimentos.
- Ivanišová, E., Rajnoha, M., Harangozo, L., Kunecová, D., Čech, M., Gabríny, L., ... & Pietrzak-Fiečko, R. (2023). Physicochemical, nutritional, antioxidant, and sensory properties of crackers supplemented with edible insects. *Applied Sciences*, 13(21), 11911. <https://doi.org/10.3390/app132111911>
- Klerks, M., Román, S., Verkerk, R., & Sanchez-Siles, L. (2022). Are cereal bars significantly healthier and more natural than chocolate bars? A preliminary assessment in the German market. *Journal of Functional Foods*, 89, 104940. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104940>
- Marzoli, F., Tata, A., Zacometti, C., Malabusini, S., Jucker, C., Piro, R., ... & Belluco, S. (2023). Microbial and chemical stability of *Acheta domesticus* powder during one-year storage period at room temperature. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1179088. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1179088>
- Morillo Cruz, C. G., & Villegas Suclupe, P. R. (2024). Potencial proteico de harina de grillo (*Acheta domesticus*) como una alternativa sostenible para el consumo humano. *Revista Científica Pakamuros*, 12(1), 16–26. <https://doi.org/10.37787/jh8b0c66>
- Omuse, E. R., Tonnang, H. E. Z., Yusuf, A. A., et al. (2024). The global atlas of edible insects: Analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. *Scientific Reports*, 14, 5045. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55603-7>
- Osimani, A., Milanović, V., Cardinali, F., Roncolini, A., Garofalo, C., Clementi, F., ... & Aquilanti, L. (2018). Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.007>
- Osorio Salazar Diana Valeria, Valencia

- Naranjo Alejandra, Henao Roldán Caterine, Jaramillo Yepes Faiber Alexis (2024). Validación Nutricional Y Sensorial De Papillas Vegetales Sin Alergenos Para Niños Menores De Dos Años. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 1. Pp: 226-247. <https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.3172>
- Palacio-Montañez Josefa, Bolívar-Pacheco Kelly, Díaz-Tovar Andrea, Navas-Guzmán Norleyn, Meriño-Stand Lourdes, García-Pacheco Yair. (2023). Desarrollo de una barra de cereales, frutos secos y frutos tropicales enriquecida con colágeno hidrolizado. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 21 N° 1. Pp.: 91 - .105. <https://doi.org/10.24054/limentech.v21i1.2368>
- Pastrana-Pastrana, Á. J., Rodríguez-Herrera, R., Solanilla-Duque, J. F., & Flores-Gallegos, A. C. (2025). Plant proteins, insects, edible mushrooms and algae: More sustainable alternatives to conventional animal protein. Journal of Future Foods, 5(3), 248–256. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.07.004>
- Pečová, M., Javůrková, Z., Bartlová, M., & Pospiech, M. (2024). Detection of edible insect as a component of snack bars using histochemical method. Journal of Food Composition and Analysis, 132, 106312. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106312>
- Pilco-Romero, G., Chisaguano-Tonato, A. M., Herrera-Fontana, M. E., Chimbo-Gándara, L. F., Sharifi-Rad, M., Giampieri, F., ... & 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 & Technology, 142, 104226. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104226>
- Púa Rosado Amparo Luz; Torregrosa Romero Carolina; Torres Barraza Elverling; Barreto Rodríguez Genisberto Enrique; Marsiglia Fuentes Ronald. (2022). Propiedades reológicas de un producto de galletería a base de harina de quinua (*Chenopodium quinua*). Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso

1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035.
Volumen 20 N° 2. Pp: 24 -40.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.2287>

Singhato, A., & Rueangsri, N. (2024). Crickets as a protein source: An alternative future food for promoting nutrition and food security. *Rama Medical Journal*, 47(1), 61–67. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ramajournal/article/view/266823>

Stone, A. K., Tanaka, T., & Nickerson, M. T. (2019). Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3355–3363. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03818-2>

Uribe, C., & Morales, D. (2022). Revisión sistemática del uso de harina de grillo *Acheta Domesticus* como ingrediente en productos alimenticios [Especialización, Unilasallista Corporación Universitaria].

Van Huis, A. (2021). Prospects of insects as food and feed. *Organic Agriculture*, 11, 301–308. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00290-7>

Willeke, M., Tsiami, A., & Lara, S. W. (2025). Tasting the future: Sensory evaluation and perception of insect-based products among GenZ and Millennials. *Gastronomy*, 3(1), 2. <https://doi.org/10.3390/gastronomy3010002>

Wójtowicz, A., Combrzyński, M., Biernacka, B., Oniszczyk, T., Mitrus, M., Różyło, R., ... & Oniszczyk, A. (2023). Application of edible insect flour as a novel ingredient in fortified snack pellets: Processing aspects and physical characteristics. *Processes*, 11(9), 2561. <https://doi.org/10.3390/pr11092561>

Zielińska, E., & Pankiewicz, U. (2023). The potential for the use of edible insects in the production of protein supplements for athletes. *Foods*, 12(19), 3654. <https://doi.org/10.3390/foods12193654>