

# Evaluación de la harina de grillo como suplemento para mejorar la calidad del huevo y la producción de gallinas ponedoras e impacto en la salud humana

Jhunior Abrahan Marcía Fuentes<sup>1\*</sup>, Ismael Montero Fernández<sup>2</sup>, Alejandrino Oseguera<sup>1</sup>, Dani Ochoa Cervantez<sup>3</sup>, Daniel Martin Vertedor<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura, Honduras; <sup>2</sup>Departamento de Química Orgánica e Inorgánica, Universidad de Extremadura, España, <sup>3</sup>Universidad Nacional de Ciencias Forestales, Honduras; <sup>4</sup>Centro de Acuicultura 'Las Vegas del Guadiana', Gobierno Regional de Extremadura, Badajoz, España.

## Resumen

**Fundamentos:** La industria alimentaria enfrenta la preocupación por una posible futura dificultad de poder proporcionar suficiente alimento, energía y nutrientes debido al constante crecimiento de la población mundial. Por lo tanto, buscar la sostenibilidad a largo plazo mediante ingredientes alternativos es una opción valiosa. Este estudio se llevó a cabo para investigar el uso de proteína de *Gryllus assimilis* en la alimentación de gallinas ponedoras y sus efectos en la calidad de los huevos y su productividad.

**Métodos:** Al elaborar las dietas, se añadió una harina de grillos en proporciones del 2,5%, 5% y 7,5% combinándola con otros ingredientes. Se evaluó la calidad físico-química, la calidad nutricional, la inocuidad y aceptación sensorial mediante pruebas hedónicas en consumidores como variable de respuesta.

**Resultados:** La adición del 7,5% de harina de grillo (*G. assimilis*) aumentó el contenido de proteínas, así como el contenido de minerales y carbohidratos en el huevo, además de incrementar el potencial de postura de las aves. Sin embargo, con respecto a las propiedades físico-químicas y a la aceptación sensorial del huevo, no se encontraron cambios. Al mismo tiempo, mediante una prueba de toxicidad aguda, la harina de *G. assimilis* se consideró un alimento seguro y una excelente fuente de fortificación.

**Conclusiones:** El uso de harina de grillos es una alternativa novedosa para aumentar la calidad química de las dietas de gallinas ponedoras, ya que la suplementación en diferentes concentraciones mejora el potencial postural en gallinas ponedoras, mejorando el contenido de proteínas del huevo y reduciendo su ingesta calórica sin afectar la calidad sensorial de la textura, color, olor y sabor del huevo.

**Palabras clave:** Calidad del huevo; Aditivo alimentario; Harina de insecto; Suplemento proteico.

## Evaluation of cricket flour as a supplement to improve egg quality and production in laying hens and its impact on human health

### Summary

**Background:** The food industry faces concerns about a possible future difficulty in being able to provide enough food, energy and nutrients due to the constant growth of the world's population. Therefore, seeking long-term sustainability through alternative ingredients is a valuable option. This study was conducted to investigate the use of *Gryllus assimilis* protein in the feeding of laying hens and its effects on egg quality and productivity.

**Methods:** In preparing the diets, crickets' flour was added in proportions of 2.5%, 5% and 7.5% in combination with other ingredients. Physical-chemical quality, nutritional quality, safety and sensory acceptance were evaluated by hedonic tests in consumers as a response variable.

**Results:** The addition of 7.5% cricket flour (*G. assimilis*) increased the protein content, as well as the mineral and carbohydrate content in the egg, in addition to increasing the posture potential of the birds. However, with respect to the physicochemical properties and sensory acceptance of the egg, no changes were found. At the same time, through an acute toxicity test, *G. assimilis* flour was considered a safe food and an excellent source of fortification

**Conclusions:** The use of cricket flour is a novel alternative to increase the chemical quality of laying hens diets, as supplementation in different concentrations improves postural potential in laying hens, improving the protein content of the egg and reducing its caloric intake without affecting the sensory quality of the texture, colour, smell and taste of the egg.

**Key words:** Egg quality; Food additive; Insect meal; Protein supplement.

**Correspondencia:** Jhunior Abrahan Marcía Fuentes  
**E-mail:** jmarcia@unag.edu.hn

**Fecha envío:** 14/11/2024

**Fecha aceptación:** 04/11/2025

## Introducción

Para el año 2030 la población mundial alcanzará cerca de nueve mil millones de personas, generando inseguridad alimentaria y hambre oculta [1]. En este sentido, no solo resulta crucial una buena nutrición humana, sino que una buena alimentación de los animales para consumo humano o destinados a la producción de alimentos de consumo humano, como los huevos, son fundamentales. La nutrición de los animales de producción es crucial para su salud, bienestar y eficiencia productiva, impactando directamente en la calidad y disponibilidad de los alimentos de consumo humano. Asimismo, el almacenamiento apropiado de los alimentos será una necesidad para el sector agroalimentario, garantizando de esta manera la disponibilidad y acceso a nutrientes básicos de la dieta [2].

Entre estas alternativas innovadoras, para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) global, se encuentra la entomoproteína como alternativa de alimentación en gallinas ponedoras [2-3]. Estas aves, generalmente a las 70 semanas tienen una baja productividad, es decir, una producción escasa y calidad deficiente de los huevos. Por lo tanto, es necesario incorporar suplementos en la industria avícola para aumentar la producción y reducir los costes [2]. Actualmente, buscar la sostenibilidad en la producción animal a largo plazo a través de ingredientes alternativos convencionales, es una opción para minimizar el tiempo y los costes de producción para que la carne de aves y los huevos se consideren una fuente vital de energía, proteínas y nutrientes esenciales para la humanidad [3-4].

Los huevos de gallina son una valiosa fuente de proteínas y grasas en la dieta humana, además de suponer una fuente de vitaminas y minerales como calcio, zinc, y hierro; sin

embargo, su calidad fisicoquímica está fuertemente determinada por la nutrición del animal. Por consiguiente, y debido a la probabilidad de ajuste, los productores aplican los aditivos para piensos, cuyo objetivo es mejorar la productividad y la calidad de los huevos [5]. El uso de la entomofagia como alternativa para alimentar aves, puede ser potencialmente una alternativa de gran interés para la industria avícola, debido a que los insectos se consideran como un recurso valioso en términos de rápida reproducción, y alta tasa de crecimiento, así como su conversión de alimentos que conduce a ser una fuente de nutrientes debido a su alto contenido en proteínas, ya que por ejemplo, los saltamontes y los grillos, poseen alrededor del 70% de proteínas en su composición [6-8].

El uso de harina de grillo como fuente de proteínas, especialmente en el desarrollo de dietas nutricionales es una alternativa económica y sostenible [9-11]. Además, la primera razón para utilizar insectos en la dieta de las gallinas, es la menor emisión de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) por respiración debido a la alta tasa de conversión alimentaria, bajo metabolismo y menores pérdidas fecales, en comparación con el ganado regular [12-14]. Además, los insectos podrían ser una base de proteínas fascinante para las aves en crecimiento, y esa quitina despierta su respuesta inmune [15]. Esta quitina contiene una cantidad significativa de nitrógeno, por lo cual puede ser aprovechada en harina como ingrediente emergente en el desarrollo de alimentos [16]. Sin embargo, debe examinarse la cantidad exacta de harina de insectos para garantizar la salud animal y el rendimiento productivo. Por otro lado, pocos experimentos muestran los efectos de las comidas de insectos para las gallinas ponedoras [16-17].

Algunos estudios, resaltan la importancia nutricional de los insectos como el grillo (*G.*

*assimilis*) el cual, por cada 100 g en base seca contiene: 62 % de proteína, 21 % de lípidos, 8,5 % de fibras, 3 % de ceniza y 5,5 % de humedad [18-19]. Además, es una base para establecer nuevas fuentes de nutrientes con alto valor biológico e indicar que la harina de grillo (CP) es segura para la alimentación o consumo humano [19]. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue desarrollar diferentes dietas fortificadas con proteína de *Gryllus assimilis* para la alimentación de gallinas ponedoras y evaluar los efectos sobre la calidad física, nutricional y sensorial del huevo.

## Material y métodos

### Preparación de la muestra

El estudio se realizó en la Sección de Aves de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en el departamento de Olancho, Honduras. Las especies de grillos utilizados fueron *G. assimilis*, empleados como materia

prima y se alimentaron con frutas y pastos *ad libitum*, hasta su cosecha y preparación de harina. La harina de grillo (CP), se realizó sometiendo 10 kg de *G. assimilis* en estado fresco a deshidratación a 50 °C durante 75 h, en un horno (serie Digitronic-TFT, España) con flujo convectivo de aire caliente [12]. Posteriormente, fueron molidos y tamizados a un tamaño de partícula de 212 µm, hasta que finalmente, se almacenó en envase de polipropileno biorientado (BOPP) a temperaturas de 35°C ± 5°C hasta el desarrollo de las formulaciones y pruebas de laboratorio [19].

### Preparación de las formulaciones

La formulación de la dieta se elaboró conforme a la metodología de Mendoza (2016), con ligeras modificaciones [20]. La mezcla incluyó harina de maíz, harina de soja, melaza, harina de grillo (CP) y otros ingredientes, tal como se resume en la tabla 1.

**Tabla 1.** Desarrollo de las formulaciones (%).

Ingredientes	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)
Harina de maíz	66,69	68,17	65,23	59,57
Harina de soja	16,31	13,47	14,43	17,74
Carbonato de calcio	10,41	10,47	10,51	10,55
Melaza	3,0	3,0	3,0	3,0
Harina de grillo (CP)	0,0	2,5	5,0	7,5
Fosfato de calcio	0,96	0,97	0,83	0,75
Aceite	1,52	0,42	0,0	0,0
Sal	0,35	0,36	0,36	0,36
Metionina	0,29	0,29	0,23	0,12
Premezcla	0,2	0,2	0,2	0,2
Carpeta	0,2	0,2	0,2	0,2
Lisina	0,04	0,0	0,0	0,0

Valor de la media reportada con un intervalo de confianza (IC) del 95%.

### Evaluación toxicológica de *Gryllus assimilis*

Se utilizó el reglamento 423 de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos

(OCDE) [21]; para el desarrollo del análisis de toxicidad oral aguda (TAO) en ratas hembra Wistar, con una masa corporal entre 150 y 200 g a través de pruebas límite de 2000 mg/kg de

peso vivo, mediante una prueba gástrica oral durante 14 días, en 2 grupos de ratones por triplicado.

### **Gestión avícola**

Se utilizaron 40 gallinas ponedoras de la línea *Hy Brown-Line* de edad de ochenta y tres semanas. A su vez fueron segmentados en 4 grupos duplicados de 5 gallinas cada uno (20 gallinas), que se mantuvieron en estructuras de jaulas con tejado a dos aguas, con un comedero y un bebedero tipo *Nipple*. Las formulaciones se suministraron para cada grupo durante 16 días.

### **Evaluación de la calidad nutricional y fisicoquímica de las formulaciones**

La determinación de la calidad nutricional de las formulaciones, se realizó utilizando la metodología de Marcía et al., (2019), con ligeras modificaciones para la determinación de; contenido proteico, fibra, valor energético, calcio, fósforo, sodio, y perfil aminoacídico como arginina, lisina, metionina, treonina y triptófano, también se determinó el contenido de ácido linoleico a partir de 100 g de muestra de cada tratamiento. Los análisis se desarrollaron en la Universidad Zamorano, Honduras [19].

Como se ha señalado anteriormente, la calidad fisicoquímica y nutricional de los huevos derivada de cada tratamiento [19]. Las determinaciones consistieron en la aplicación de una selección aleatoria de 100 unidades para cada tratamiento. La humedad, los lípidos, los carbohidratos, las cenizas, las proteínas, las fibras y el valor energético se determinaron según la normativa de la AOAC, 2005 [22]. Además, se estudiaron el porcentaje de puesta, el pH, la viscosidad, el

peso del huevo y la densidad [18]. Como criterio de inclusión se tomaron huevos frescos con un diferencial de puesta entre tratamientos de menos de un día. El análisis físico-químico fue desarrollado en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Agricultura, Honduras, y la calidad nutricional fue desarrollada en la Universidad Zamorano, Honduras.

### **Determinación de la calidad sensorial de los huevos entre tratamientos**

La calidad sensorial se determinó a partir de pruebas hedónicas de nueve puntos, a través de 100 consumidores de tipo afectivo, evaluando sabor, color, olor, textura y aceptabilidad general. Las muestras fueron enumeradas con tres dígitos diferentes de forma aleatorizada y con permutación en el servido, usando de 10 g en cada una, como borrador se utilizó galletas sin sabor y agua, la cual debía ser utilizada entre cada prueba [23-25].

### **Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos se utilizó IBM SPSS Statistics V25.0. Las herramientas empleadas fueron la media, la desviación estándar, el ANOVA y las pruebas de Tukey de comparaciones múltiples con un  $p \leq 0.05$ .

## **Resultados**

### **Preparación del alimento del grillo**

Se dispuso de seis cajas ( $n = 6$ ), cada una con 1,815 grillos. El peso promedio individual por caja se situó en el rango 0,28–0,45 g (véase Tabla 2). La merma por deshidratación para la obtención de harina osciló entre 0,03 y 0,19 g por insecto.

**Tabla 2.** Peso (medio) de grillos listos para la preparación de harina.

Caja	Peso vivo (g)	Peso posterior a la deshidratación (g)	Pérdida de peso (g)
1	0,40	0,22	0,18
2	0,35	0,24	0,11
3	0,33	0,30	0,03
4	0,34	0,25	0,09
5	0,45	0,26	0,19
6	0,28	0,19	0,09

Datos obtenidos a partir del cálculo de medias individuales por caja con un IC del 95%.

**Tabla 3.** Composición nutricional entre diferentes formulaciones.

Nutriente	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)
Energía (kcal 100 g <sup>-1</sup> )	2,83	2,83	2,83	2,83
Proteína (g 100 g <sup>-1</sup> )	14,0	14,0	14,0	14,0
Calcio (g 100 g <sup>-1</sup> )	4,3	4,3	4,3	4,3
Sodio (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,16	0,16	0,16	0,16
Arginina (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,93	0,911	1,0	1,18
Lisina (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,72	0,72	0,72	0,72
Metionina (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,42	0,42	0,4	0,36
Met-Cist (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,64	0,64	0,64	0,64
Treonina (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,54	0,54	0,54	0,54
Triptófano (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,17	0,17	0,2	0,24
Fibra (g 100 g <sup>-1</sup> )	2,18	2,11	2,17	2,27
Ácido linoleico (g 100 g <sup>-1</sup> )	1,67	1,59	1,49	1,38

Valor de la media reportada con un IC del 95%.

### Determinación de la calidad química entre tratamientos

La calidad nutricional de los diferentes tratamientos se presenta en la tabla 3. Produciendo modificaciones en el contenido de triptófano, fibra y ácido linoleico, entre tratamientos.

### Evaluación de la toxicidad oral aguda (TAO) de la harina de grillo (CP)

A partir de un ensayo de dosis límite de 2 000 mg/kg de harina de grillo en ratas Wistar y siguiendo la metodología de la OCDE-423 para toxicidad aguda oral (TAO), no se evidenció toxicidad atribuible a la harina de grillo en la dosis evaluada. El procedimiento se realizó bajo condiciones controladas (ayuno previo según protocolo, administración única por vía oral mediante cánula, y observación clínica

continua durante las primeras 4 a 6 h y al menos diaria por 14 días), registrándose signos clínicos, mortalidad, evolución de peso corporal y consumo de alimento/agua. Finalizado el periodo de seguimiento, se efectuó necropsia macroscópica para descartar lesiones en órganos específicos [21].

En las condiciones del estudio, no se observaron muertes, ni signos clínicos de toxicidad y los animales mantuvieron una ganancia de peso. La necropsia no mostró alteraciones macroscópicas en hígado, riñón, bazo, pulmones o tracto gastrointestinal. En consecuencia, de acuerdo con los criterios de clasificación de la OCDE-423, el LD<sub>50</sub> “cut-off” la harina de grillo es considerada inocua. Por tanto, estos resultados descartan efectos de toxicidad aguda por vía oral, en el nivel de

dosis límite ensayado y respaldan su margen de seguridad inicial para usos previstos [21].

#### Evaluación fisicoquímica de los huevos entre tratamientos

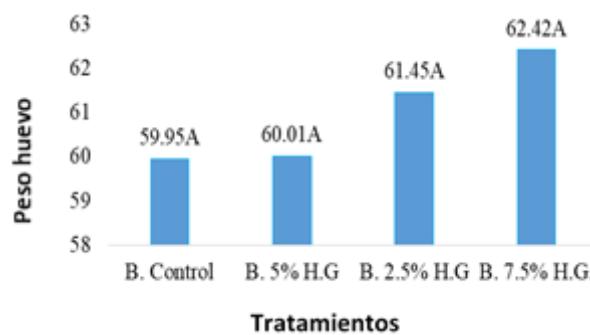
La viscosidad de los huevos entre tratamientos se determinó utilizando un viscosímetro rotacional PCE-RVI-1 (Barcelona, España.) a partir del rotor numero 2 a 30 rpm, como puede verse en la tabla 4, y el peso de los huevos, el porcentaje de puesta, el pH de la yema y clara del huevo se midió con un

potenciómetro marca Eutech Instruments (Frankfurt, Alemania) con una escala de pH de 0 a 14, la densidad del huevo fresco se determinó utilizando un densímetro de inmersión modelo Gay-Lussac (Toluca, México) con una escala de 1000 a 1500 kg m<sup>-3</sup>, a partir de 100 unidades aleatorizadas de cada tratamiento y de igual manera se obtuvieron los resultados de la evaluación sensorial. Todo ello se indica en las figuras 1 y 2, y en las tablas 5 y 6 respectivamente.

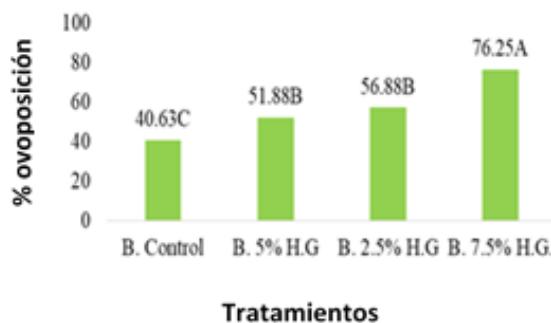
**Tabla 4.** Viscosidad del huevo entre tratamientos

Tratamiento	Viscosidad de yema (cP)	Viscosidad de clara (cP)
T1	2401,00 ± 3,5 a	251,29 ± 3,2 a
T2	2249,57 ± 2,1 a	174,86 ± 4,3 b
T3	1380,71 ± 1,0 b	183,20 ± 2,5 b
T4	1300,1 ± 5,0 b	230,39 ± 3,1 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p>0.05).



**Figura 1.** Peso final del huevo (g) entre los tratamientos.



**Figura 2.** Porcentaje de puesta entre tratamientos.

**Tabla 5.** pH del huevo entre tratamientos.

Tratamiento	pH de yema	pH de clara	pH del huevo entero
T1	6,01 ± 0,19 a	8,60 ± 0,23 a	8,90 ± 0,63 a
T2	6,40 ± 0,21 a	8,31 ± 0,43 b	8,80 ± 0,37 a
T3	6,47 ± 0,10 a	8,51 ± 0,25 b	8,47 ± 0,29 b
T4	6,34 ± 0,50 a	8,67 ± 0,31 a	8,40 ± 0,50 b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p>0,05$ ).

**Tabla 6.** Densidad del huevo entre tratamientos.

Tratamiento	Densidad ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
T1	1038 ± 2,0
T2	1038 ± 3,0
T3	1039 ± 2,0
T4	1036 ± 0,0

Datos obtenidos a partir del cálculo de medias individuales por caja con un IC del 95%.

### Calidad del huevo según dieta: convencional vs 7,5% harina de grillo

En esta investigación, se demostró que la calidad química del huevo puede modificarse mediante la formulación de la dieta en gallinas ponedoras. En particular, la inclusión de harinas de insecto se ha propuesto como alternativa proteica sostenible que alteró la composición proximal del huevo (i.e. humedad, cenizas, proteína, grasa y carbohidratos) y, en consecuencia, su valor energético. Con base en métodos validados por la AOAC y cálculos según 21 CFR 101.92, se comparó la composición de huevos procedentes de ponedoras alimentadas con una dieta tradicional (control) frente a una

dieta fortificada con 7,5% de harina de grillo (Tabla 7).

En este estudio, la dieta con 7,5 % de harina de grillo se asoció con cambios puntuales en la composición: incrementos de humedad, cenizas y proteína, así como de carbohidratos y una reducción de lípidos y de energía. Estos patrones sugieren una redistribución de macronutrientes compatible con el mayor aporte proteico y mineral de la harina de grillo, con posibles implicaciones tecnológicas y nutricionales. Los hallazgos presentados en la tabla 7 afirman que, la sustitución parcial de la proteína convencional por proteína de grillo modula la composición del huevo en gallinas ponedoras.

**Tabla 7.** Análisis químico de los huevos de gallina ponedora con dietas tradicionales y dietas fortificadas con un 7,5% de harina de grillo.

Teste	Method	Control	Diet with 7.5% cricket meal
Humedad ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ )	AOAC 950.46B*	74,26	76,00
Ceniza ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ )	AOAC 923.03*	0,60	0,90
Protein ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ )	AOAC 2001.11*	12,01	13,36
Lípidos ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ )	AOAC 2003.06*	11,40	7,96
Fibra ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ )	AOAC 962.09	0,00	0,00
Carbohidratos ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ )	21CFR101.92	1,28	1,78
Energía ( $\text{kcal } 100\text{g}^{-1}$ )	21CFR101.92	158,50	132,20

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p>0,05$ ).

## Discusión

El incremento de la inclusión de harina de grillo (CP) del 0 al 7,5 % en la dieta de aves ponedoras se asocia con aumentos de arginina, triptófano y fibra, junto con disminuciones de ácido linoleico y metionina. Dado el mayor contenido proteico del CP frente a otras fuentes observaron niveles superiores de arginina en el polvo seco y, en consecuencia, mayor producción de huevos y mejor desempeño productivo de las gallinas [26-27]. El triptófano, aminoácido esencial en ponedoras, participa en la síntesis proteica y en procesos metabólicos clave; además, es precursor de serotonina que es relacionada con la respuesta al estrés y la regulación del apetito, de igual manera, contribuye a la síntesis de niacina/NAD<sup>+</sup> y al metabolismo del ácido picolínico. En ponedoras de huevo blanco se estima un requerimiento diario cercano a 160 mg/ave [26]. Las variaciones en el contenido lipídico reportadas para el CP pueden atribuirse a diferencias en la etapa de desarrollo del insecto; por ello, la fracción lipídica debe ponderarse cuidadosamente en la formulación dietaria [7].

En términos de inocuidad, los ensayos de toxicidad oral aguda no registraron mortalidad en ratones durante los 14 días de prueba; además, en ratas se observó un incremento de peso de  $48,60 \pm 5,00$  g entre los grupos de prueba, sin evidencias de riesgos internos ni externos, lo que sugiere ausencia de toxicidad sistémica [28]. En conjunto, el CP se perfila como un ingrediente seguro con potencial de aplicación en alimentos para consumo humano, por ejemplo, en pan sin gluten [1].

La incorporación de harina de grillo (CP) hasta un 7,5 % en la dieta de gallinas ponedoras no produjo diferencias estadísticamente significativas en el peso del huevo, manteniendo el estándar de clasificación como huevos frescos grandes, categoría B

[29]. De igual manera, la harina de insecto no afectó el consumo de alimento, el peso del huevo ni la conversión alimenticia, lo que sugiere que el CP presenta eficiencia comparable a otras harinas convencionales, por el contrario, el porcentaje de postura sí aumentó con niveles más altos de CP: del 40,63 % (control) al 76,25 % con 7,5 % de CP, incrementando la producción. Este efecto podría estar asociado a mayor proteína dietaria y, en particular, a un mayor aporte de triptófano.

Por otra parte, la incorporación de CP no modificó el pH del huevo. Los valores observados concuerdan con lo reportado por Hernández et al. (2013) y Soler & Fonseca (2011): quienes reportaron valores de pH de 5,85 a 5,92 en yema y entre 8,61 a 8,87 en clara [17]; [30]. Asimismo, Posadas et al. (2005) señalan que esta condición fisicoquímica responde principalmente al tipo de alimentación del ave; de igual modo, no se observaron efectos sobre la densidad del huevo, en concordancia con Quitral et al. (2003), quienes reportan  $1031 \pm 10$  kg m<sup>-3</sup> [31]. Finalmente, el uso de CP en la dieta no alteró los atributos sensoriales (i.e. sabor, color, olor, textura y aceptabilidad global). Además, estas harinas no convencionales en dietas de aves ponedoras, elevan el nivel de proteína, carbohidratos y humedad del huevo, reduciendo el contenido de grasa y energía [32]. El aumento de proteína favorece el enlace de agua a la superficie de las moléculas proteicas y la formación de capas de hidratación; estas interacciones, mediadas por puentes de hidrógeno entre grupos polares y agua, explican el incremento de humedad observado con 7,5 % de CP y el aumento concomitante de cenizas, al reflejar un mayor aporte de minerales.

Dada la asociación directa entre el alimento para animales y la inocuidad y calidad de los alimentos para consumo humano de origen

animal, es esencial que la producción de piensos y su fabricación se consideren como parte integral de la cadena de producción de alimentos. Así, la inocuidad de la alimentación de los animales, en este caso, las gallinas, es fundamental para la calidad del producto final, ya que garantiza que los alimentos sean seguros para el consumidor al prevenir riesgos biológicos (zoonosis), químicos y físicos. Del mismo modo, la calidad de su alimentación es crucial ya que influye directamente en la calidad de los productos que llegan al consumidor, afectando a su valor nutricional y sus propiedades organolépticas. En conjunto, la formulación con CP modula la fracción proximal del huevo sin comprometer su naturaleza básica, y sugiere oportunidades tecnológicas asociadas a textura y rendimiento.

## Agradecimientos

A los estudiantes de la Universidad Nacional de Agricultura, con sede en Catacamas, Olancho, Honduras, por participar en esta investigación.

## Referencias

- [1]. Machado, R., Cruz, R., & Thys, S. (2019). Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free bread. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 56, 102180.
- [2]. Gan, L., Zhao, Y., Mahmood, T & Guo, Y. (2019). Effects of dietary vitamin supplementation level on the production performance and intestinal microbiota of aged laying hens. *Poultry Science*, 99(1), 3594–3605.
- [3]. Khan, S., Naz, S., Sultan, A., Alhidary, I., Abdelrahman, M., Khan, R., Khan, N., & Ahmad, S. (2016). Worm meal: A potential source of alternative protein in poultry feed. *World's Poultry Science Journal*, 72(1), 93-102.
- [4]. Sharma, M.K., Dinh, T., & Adhikari, P.A. (2020). Production performance, egg quality, and small intestine histomorphology of the laying hens supplemented with phytogenic feed additive. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(2), 362-371.
- [5]. Batkowska, J., Drabik, K., Brodacki, A., Czech, A., & Adamczuk, A. (2021). Fatty acids profile, cholesterol level, and quality of table eggs from hens fed with the addition of linseed and soybean oil. *Food Chemistry*, 334(1):127612.
- [6]. Rumpold, M.K., Schl, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition Food Research*, 57(5),802-823.
- [7]. Soares, A.R.R., dos Santos, B.T.A.R., Ferraz, V.P., & Moreira, E.S. (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 22–26.
- [8]. Van Huis, A. (2020). Edible crickets, but which species?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(2):91-94.
- [9]. Norhidayah, M.T. (2016). Cricket meal as an alternative to fishmeal in diets for African catfish (*Clarias gariepinus*). Ph.D. thesis, University of Malaya, Kuala Lumpur.
- [10].Lee, S.W., Tey, H.C., Wendy, W., & Zahari, M.W. (2017). The effect of house cricket (*Acheta domesticus*) meal on growth performance of red hybrid tilapia (*Oreochromis sp.*). *International Journal of Aquatic Science*, 8(1), 78-82.
- [11].Irungu, F.G., Mutungi, C.M., Faraj, A.K., Affognon, H., Kibet, N., Tanga, C., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K.K.M. (2018). Physico-chemical properties of extruded aquafeed pellets containing black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and adult cricket

(*Acheta domesticus*) meals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(1), 19-30.

[12]. Alfaro, A. O., Núñez, W. L., Marcia, J., & Fernández, I. M. (2019). The cricket (*Gryllus assimilis*) as an alternative food versus commercial concentrate for tilapia (*Oreochromis sp.*) in the nursery stage. *Journal of Agricultural Science*, 11(6), 97.

[13]. Lokman, I., Ibitoye, E., Hezmee, M., Goh, Y.M., Zuki, A., & Jimoh, A. (2019). Effects of chitin and chitosan from cricket and shrimp on growth and carcass performance of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 51 (1): 2219-2225.

[14]. Taufek, N.M., Simarani, K., Muin, H., Aspani, F., Raji, A.A., ALias, Z., & Razak, S.A. (2018). Inclusion of cricket (*Gryllus bimaculatus*) meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) feed *Journal of Fisheries*, 6(2), 623-631.

[15]. Kovitvadhi, A., Chundang, P., Luapan, J., Amarapitak, P., Sriyaphai, P., Buahom, R., Cham-lam, T., Leelehapongsathon, K., Tirawattanawanich, C. & Thongprajukaew, K. (2019). Cricket powder as an alternative protein source for broilers based on in vitro digestibility. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(5), 185-191.

[16]. Permatahatia, D., Mutiab, R., & Astuti, D.A. (2019). Effect of cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on production and physical quality of Japanese quail egg. *Tropical Animal Science Journal*, 42:(1), 53-58.

[17]. Bovera, F., Loponte, R., Pero, M.E., Isabella, M., Calabrò, S., Musco, N., Vassalotti, G., Panettieri, V., Lombardi, P., Piccolo, G., Meo, D., Siddi, G., Fliegerova, K., & Moniello, G. (2018). Laying performance, blood profiles, nutrient digestibility, and inner organs traits of hens fed an insect meal from *Hermetia illucens* larvae. *Research in Veterinary Science*, 120(1), 86-93.

[18]. Zumbado, H. (2004). Chemical analysis of food, classic methods. Institute of Pharmacy and Food, University of Havana.

[19]. Marcia Fuentes, J. A., Montero Fernández, I., Saravia Maldonado, S. A., Varela Murillo, I. M., Silva Altamirano, C. M., Hernández Bonilla, F. J., ... & Álvarez Gil, M. D. J. (2020). Physical-chemical evaluation of the *Cassia grandis* L. as fortifying egg powder.

[20]. Mendoza, L. (2016). Protocolo para producción de *Gryllus assimilis* como fuente alternativa de proteína para alimentación animal, Tesis de grado, Ingeniería agronómica, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras.

[21]. Marcia, J., Sosa, L., & Herrera, R. (2013). Toxicidad aguda oral y actividad antioxidante de la harina de las semillas de teosinte (*Dionaea meijiae*). *Revista Bionatura*, 2022; 7 (3) 5. Saber.

[22]. AOAC, Official Methods Analysis. (2005). 18th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.

[23]. Espinoza, M. J. (2014). Sensory analysis. Institute of Pharmacy and Food, University of Havana. 155 p.

[24]. Montero-Fernández, I., Marcía-Fuentes, J. A., Cascos, G., Saravia-Maldonado, S. A., Lozano, J., & Martín-Vertedor, D. (2022). Masking effect of *Cassia grandis* sensory defect with flavoured stuffed olives. *Foods*, 11(15), 2305.

[25]. Aleman, R. S., Marcía, J. A., Montero-Fernández, I., King, J., Pournaki, S. K., Hoskin, R. T., & Moncada, M. (2023). Novel liquor-based hot sauce: Physicochemical attributes, volatile compounds, sensory evaluation, consumer perception, emotions, and purchase intent. *Foods*, 12(2), 369.

[26]. Wen, J., Helmbrecht, A., Elliot, M.A., Thomoson, J., & Persia, M.E. (2012). Evaluation of the tryptophan requirement of small-framed first cycle laying hens. *Poultry Science*, 98, 1263-1271.

[27]. Lima, M.B., Sakomura, N.K., Silva, E.P., Leme, B.B., Malheiros, E.B., Peruzzi, N.J., &

Fernandez, J.B.K. (2020). Arginine requirements for maintenance and egg production for broiler breeder hens. *Animal Feed Science and Technology*, 114466.

[28]. OCDE 423 (2001). Guideline for Testing of Chemicals, Acute Oral Toxicity-Acute Toxic Class Method. 1-14.

[29]. Egg Studies Institute. (2009) The Great Egg Book. 168 p. <https://www.portalveterinaria.com/avicultura/articulos/13232/el-huevo-como-alimento-funcional-y-sus-componentes.html>

[30]. Hernández, J., Pérez, I., González, A., Villegas, Y., Rodríguez, G. & Meza, V. (2013). Egg quality of four genetic lines of chickens in warm climate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp*, 6(1), 1107-1118.

[31]. Quitral, V., Donoso, M., & Acevedo, N. (2003). Comparación físico-química y sensorial de huevos de campo, orgánicos y comerciales. *Salud Pública y Nutrición*, 10(2), 1-10.

[32]. Posadas, H., Sánchez, R., Ávila, G., Guillermo, T., & Salmerón, S. (2005). Comportamiento de algunas características productivas, estrés y resistencia a *Salmonella enteriditis* en aves semipesados bajo dos sistemas de producción. *Veterinaria México*, 36(2), 205-215.

