

# Evaluación de tres alimentos comerciales en codorniz japonesa en postura (*Coturnix japonica*)

Evaluation of three commercial foods in laying japanese quail (*Coturnix japonica*)

Jennifer Pérez-Martínez<sup>1</sup> , Gilberto Castillo-Luna<sup>1</sup> , Arnulfo Vicente-Pérez<sup>1</sup> ,  
Eutiquio Soni-Guillermo<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, calle Dr. Gonzalo Báez Camargo s/n, San Juan Acozac, 75415, Los Reyes de Juárez, Puebla, México.

<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Reforma 165, Colonia Centro, 73900, Tlatlauquitepec, Puebla, México.

\*Autor para correspondencia: eutiquio.soni@correo.buap.mx

## RESUMEN

### Fecha de recepción:

11 de agosto de 202-

### Fecha de aceptación:

30 de septiembre de 2022

### Disponible en línea:

11 de diciembre de 2024

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



### Reconocimiento-

NoComercial-

CompartirIgual 4.0

Internacional

(CC BY-NC-SA 4.0)

En el mercado mexicano se encuentran diferentes marcas de alimentos comerciales para codornices japonesas en postura, los cuales son elaborados con diferentes características. El objetivo de esta investigación fue evaluar, en codornices de postura, tres alimentos comerciales con diferente contenido nutrimental, tamaño de partícula, presentación y cocteles enzimáticos en las variables productivas, calidad de huevo, vellosidades intestinales, peso y tamaño de órganos. En el experimento, que tuvo una duración de 12 semanas, se utilizaron 150 codornices, las cuales se distribuyeron completamente al azar. Se utilizaron tres alimentos comerciales de postura de diferentes marcas (A, B y C), en los cuales se evaluaron variables productivas, calidad de huevo, longitud y peso de órganos, así como el tamaño de las vellosidades intestinales y el costo de un kilogramo de huevo. Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM y MIXED de SAS. En las variables productivas, el tratamiento A tuvo el menor consumo, la mejor conversión y el menor costo de huevo ( $p < 0.05$ ). Las vellosidades intestinales en duodeno fueron más altas ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos con enzimas. Se concluye que la presentación en harina es la mejor alternativa para alimentar a las codornices durante la postura. Las enzimas aumentan el peso de la yema y altura de las vellosidades.

## PALABRAS CLAVE

Calidad de huevo, granulometría, enzimas, vellosidades intestinales.

## SUMMARY

In the Mexican market there are different brands of commercial feeds for Japanese laying quails, which are made with different characteristics. The objective of this research was to evaluate, in laying quails, three commercial feeds with different nutritional content, particle size, presentation and enzymatic cocktails in the productive variables, egg quality, intestinal villi, weight and organ size. In the experiment, which lasted 12 weeks, 150 quails were used, which were distributed completely at random. Three commercial laying feeds of different brands (A, B and C) were used, in which productive variables, egg quality, length and weight of organs, as well as the size of the intestinal villi and the cost of a kilogram of egg were evaluated. An analysis of variance was performed with the GLM and MIXED procedure of SAS. In the productive variables, treatment A had the lowest consumption, the best conversion and the lowest egg cost ( $p < 0.05$ ). Intestinal villi in the duodenum were higher ( $p < 0.05$ ) in the enzyme treatments. It is concluded that the flour presentation is the best alternative to feed quails during laying. Enzymes increase yolk weight and villi height.

## KEYWORDS

Egg quality, granulometry, enzymes, intestinal villi.

## INTRODUCCIÓN

En México, existe una industria variada en la fabricación de alimentos balanceados para codorniz en postura, los cuales cubren sus requerimientos nutrimentales con la finalidad de lograr un buen desempeño productivo; cada uno de estos alimentos varía en ingredientes, cantidades, aditivos, contenido nutricional, tamaño de partícula, así como en el precio (Cosmos 2022).

En la actualidad, hay tablas con diferentes contenidos nutricionales para codorniz en postura, entre las cuales se encuentran las del NRC (1994), Leeson y Summers (2005) y Rostagno et al. (2017), quienes recomiendan un contenido de Proteína Cruda (PC) de 21, 21 y 19.07 por ciento, además de contenidos de Energía Metabolizable (EM) de 2,900, 3,000 y 2,800 kcal/kg, respectivamente. En la formulación de raciones también es importante considerar la granulometría y forma física del alimento, así como la adición de enzimas exógenas.

Respecto al uso de enzimas en la avicultura, éstas se usan para romper los enlaces de polisacáridos no amiláceos (PNA), lo que permite la disponibilidad de los nutrimentos y, como resultado, la mejoría de las variables productivas durante la postura (Abd El-Hack et al. 2019; Pérez et al. 2021). Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es evaluar, en codorniz japonesa en postura, tres marcas de alimentos con diferente contenido nutricional, tamaño de partícula, presentación y cocteles enzimáticos, en las variables de producción, calidad de huevo, rendimiento de canal, tamaño y peso de órganos, costo de un kilogramo de huevo y altura de las vellosidades intestinales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una granja de codornices japonesas ubicada en Texcoco, Estado de México, México. Se utilizaron 150 codornices hembras de una edad inicial de 56 días y una edad final de 140 días. Se asignaron aleatoriamente a tres tratamientos, cada uno con cinco repeticiones de 10 aves. Para el correcto manejo de las aves se utilizó el Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados (2016).

Las aves se alojaron en jaulas de postura (cinco aves por jaula de 27 x 50 cm), con comederos lineales

(el alimento se proporcionó manualmente) y bebederos automáticos. Se evaluaron tres alimentos comerciales de postura de diferentes marcas (A, B y C) (Cuadro 1), a los cuales se les determinó tamaño de partícula (promedio geométrico de diámetro, PGD). A las aves se les proporcionó agua y alimento *ad libitum*. La iluminación artificial comenzó en la semana 8, con 12 h luz d<sup>-1</sup>, la cual aumentó a 1 h de luz d<sup>-1</sup> semanal hasta alcanzar 16 h luz d<sup>-1</sup>.

### Variables productivas

De la semana 8 a la 20, el estudio se dividió en tres etapas de cuatro semanas cada una; se registró semanalmente: alimento consumido (AC, g ave/d), conversión alimenticia (CA, kg de alimento/kg de huevo), porcentaje de postura (PP), masa de huevo (MH, g de huevo gallina/d) y peso de huevo (PH, g/d); respecto al peso vivo (PV, g), éste se registró al inicio y al final del experimento, y el número de huevos totales se verificó al final de las 12 semanas (NHT).

### Variables de calidad de huevo

Para medir la calidad del huevo, se tomaron cinco huevos por repetición de cada tratamiento en la semana 4, 8 y 12; se midió: peso de huevo (PH), peso de albumina (PA), peso de yema (PY), color de yema (CY) con base al abanico de DSM para yema, peso de cascarón (PC) y grosor de cascarón (GC); para medir esta última variable se utilizó un tornillo micrométrico (micrómetro 293-240-30, Mitutoyo, Kawasaki, Japón).

### Estudio histológico

Al final del experimento, se tomó al azar un ave por repetición, y, a continuación, se ayunaron durante 12 h; posteriormente, se pesaron y sacrificaron cortando la sección de la vena yugular y arteria carótida, de acuerdo con las recomendaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995 (SAGARPA 1996). Después de que se confirmó la muerte del ave, se tomó una muestra por repetición de duodeno (parte descendente) y yeyuno (proximal); cada segmento intestinal se recogió cerrado con un tamaño de 2 cm de longitud; después de cortar las muestras, se lavó el lumen intestinal con agua destilada y formalina tamponada a 10

**Cuadro 1. Contenido nutricional y características físicas de las diferentes marcas según la etiqueta.**

| Contenido de etiqueta | A      | B   | C  |
|-----------------------|--------|---|--|
| PC (%)                | 21.00  | 21.00   | 21.00  |
| GC (%)                | 3.00   | 3.00  | 2.00   |
| FC (%)                | 4.00   | 4.00  | 5.00   |
| Cenizas (%)           | 12.00  | 10.00   | 15.00  |
| Humedad (%)           | 12.00  | 12.00   | 12.00  |
| ELN (%)               | 48.00  | 50.00   | 45   |
| Fósforo               | -      | -   | 0.60   |
| CaCO <sub>3</sub>     | -      | -   | 3.4  |
| Enzimas deshidratadas | -      | Fitasa 500 FTU/kg<br>Xilanasas 1,200 U/kg<br>$\beta$ glucanasa 200 U/kg<br>Celulasa 200/kg<br>Manasa 1,800 U/kg | Fitasa 500 FTU/kg<br>$\beta$ Xilanasas 1,100 U/kg<br>$\beta$ glucanasa 100 U/kg<br>Celulasa 200/kg<br>Xilanasas 75 U/kg<br>Proteasa 1,000 U/kg<br>Amilasa 100 U/kg |
| Presentación          | harina | Pellet  | Pellet   |
| Costo (kg) \$         | 10.45  | 11.25   | 12.60  |
| Tamaño de partícula   |        |   |  |
| PGD                   | 904    | 1,010   | 1,569  |
| DEG                   | 2.03   | 1.45  | 1.97   |

PC, proteína cruda; GC, grasa cruda; FC, fibra cruda; ELN, extracto libre de nitrógeno; CaCO<sub>3</sub>, carbonato de calcio; PGD, promedio geométrico del diámetro; DEG, desviación estándar geométrica.

por ciento, para eliminar su contenido. Los cortes se colocaron en frascos que contenían formalina amortiguada a 10 por ciento para su procesamiento y corte (Gava et al. 2015).

Las muestras se incluyeron en xileno y concentraciones graduadas de alcohol; posteriormente, para eliminar el xileno, se colocaron en tres baños de parafina; finalmente, se formó el bloque con parafina pura. Los cortes se dividieron en secciones de 4  $\mu$ m de espesor con un micrótopo 820 (Optical Americana, Estados Unidos), se aclararon en xileno, se deshidrataron en concentraciones graduadas de alcohol y se tiñeron con hematoxilina-eosina. Para la altura de las vellosidades intestinales (AVLL), se midieron 15 de cada repetición y de cada sección intestinal, desde la cripta hasta la punta de la vellosidad; las mediciones se llevaron a cabo utilizando escala de micras, con un microscopio de luz con el objetivo 4x (Image J, Versión 1.8.0).

### Longitud y peso de órganos

Cuando las aves se sacrificaron, simultáneamente se evaluó longitud de proventrículo (LPROV, mm),

ancho de proventrículo (APROV, mm), peso de proventrículo (PPROV, g) longitud de molleja (LMOLL, mm), ancho de molleja (AMOLLA, mm), molleja más digesta (MOLLMD, g), molleja sin digesta (MOLLSD, g), molleja limpia (MOLLLI, g), peso de grasa abdominal (PGA, g), peso de hígado (PHIG, g); la longitud se midió con un calibrador digital HER-411 (Stereon®, México).

### Costo por kilogramo de huevo

El costo por kilogramo de huevo (CKH) es sólo por concepto de alimentación; éste se calculó a partir de la conversión alimenticia y el precio unitario de las dietas.

### Análisis Estadístico

Para los datos peso de las aves, número de huevos totales, vellosidades intestinales, tamaño y peso de los órganos, se utilizó un diseño experimental completamente al azar (procedimiento GLM de SAS), lo mismo que para las variables de desempeño productivo en postura, costo de un kg de huevo y calidad de

huevo (procedimiento MIXED de SAS). Las diferencias entre medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey (SAS 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el peso de las aves al inicio y al final del experimento no se encontraron diferencias ( $p>0.05$ ) (Cuadro 2). Leeson y Summers (2005) mencionan que el peso corporal de las aves se da a través del manejo nutricional; éste sólo es importante cuando las aves rompen postura, ya que es el principal factor del tamaño del peso del primer huevo, y las aves del presente experimento en la semana ocho tenían el mismo peso. De la semana 8 a la 20 se registró el NHT (Cuadro 2); se encontró que los tratamientos A y B obtuvieron el mayor número de huevos ( $p<0.05$ ), pues ambos presentaron el mejor PP (Cuadro 3), mientras que el tratamiento C tuvo el menor número de huevos a pesar de que este alimento contenía un coctel de enzimas;

**Cuadro 2. Influencia de alimentos comerciales en el peso de las aves y número de huevos totales en codorniz japonesa en postura.**

| Tratamiento      | A        | B      | C      | EEM  |
|------------------|----------|--------|--------|------|
| PV semana 8 (g)  | 252.25   | 261.23 | 254.21 | 1.72 |
| PV semana 20 (g) | 347.01   | 337.23 | 325.11 | 4.3  |
| NHT (ave)        | 59.20ab* | 63.40a | 58b    | 0.81 |

\*Medias con letra distinta dentro de cada fila son diferentes ( $p\leq 0.05$ ); PV, peso vivo; NHT, número de huevos totales de 8 a 19 semanas; EEM, error estándar de la media.

**Cuadro 3. Efecto de alimentos comerciales en las variables productivas de codorniz japonesa en postura de 8 a 20 semanas de edad.**

| Tratamiento   | AC      | PH    | PP     | MH     | CA     | CKH    |
|---------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| A             | 32.92c* | 13.70 | 74.77b | 10.28b | 2.44c  | 25.58b |
| B             | 40.96a  | 14.12 | 79.85a | 11.36a | 2.92a  | 34.66a |
| C             | 37.56b  | 13.85 | 72.88b | 10.15b | 2.76b  | 34.84a |
| EEM           | 0.43    | 0.16  | 1.31   | 0.19   | 0.02   | 0.31   |
| Interacciones |         |       |        |        |        |        |
| T             | 0.0001  | 0.23  | 0.008  | 0.001  | 0.0001 | 0.0001 |
| P             | 0.006   | 0.01  | 0.001  | 0.001  | 0.0007 | 0.0006 |
| T*P           | 0.79    | 0.81  | 0.13   | 0.09   | 0.87   | 0.75   |

\*Medias con letra distinta dentro de cada columna son diferentes ( $p<0.05$ ); AC, alimento consumido; PH, peso de huevo; PP, porcentaje de postura; MH, masa de huevo; CA, conversión alimenticia; CKH, costo de kilogramo de huevo; EEM, error estándar de la media; T, tratamiento; P, periodo; T\*P, tratamiento por periodo.

cabe señalar que en codornices puede ser más importante el número de piezas que de kilogramos, ya que los huevos son vendidos por pieza en México. Pérez et al. (2021) encontraron que al adicionar enzimas el PP aumenta, pues las enzimas rompen la pared celular de los PNA, lo cual significa disponibilidad de energía (Khusheeba y Sajid 2013).

El tratamiento B era alimento en pellet con un tamaño de partícula de 1,010 PGD; éste tuvo el mayor AC, PP y MH ( $p<0.05$ ) (Cuadro 3), pero el consumo fue tan alto que la CA fue la peor, lo que causó un kilogramo de huevo costoso, a pesar de que no era la dieta más cara; para realizar el peletizado se requiere de temperatura (60 a 90°C) y las altas temperaturas disminuyen los nutrientes y aumentan la viscosidad de la digesta, lo que afecta la digestibilidad de aminoácidos y carbohidratos, ya que las aves comen para cubrir sus requerimientos de energía y proteína (Leeson y Summers 2005; Loar et al. 2014), aunque el contenido de proteína en la etiqueta de los alimentos era isoproteico. El tratamiento A era alimento en harina con 904 PGD; éste tuvo el menor consumo ( $p<0.05$ ), con la mejor CA y el costo más barato para producir un kilogramo de huevo. Además de ser el alimento más barato, esta mejora de CA puede explicarse debido a que, al ser un alimento en harina, mejoró la digestión de los nutrientes resultante del aumento del área de superficie del sustrato disponible para la digestión enzimática (Ege et al. 2019). En PH no se encontraron diferencias ( $p>0.05$ ) entre tratamientos.

Wan et al. (2021) reportaron que, en gallinas alimentadas con dietas en pellet, el PP y el AC fueron superiores que cuando las aves se alimentaron con

dietas en harina, lo que coincide con Massuquetto et al. (2018), quienes encontraron que, en pollos de engorda, el alimento en pellet aumentó la ingesta y mejoró la ganancia de peso; el pellet aumenta el consumo, ya que las partículas de alimento se aglomeran, además de mejorar la textura del mismo; en cuanto al rendimiento de los animales, éste aumenta debido a que, al peletizar el alimento, disminuyen tanto la reducción del gasto de energía del animal durante la ingesta, como la disminución de selección de ingredientes. Sin embargo, el proceso de peletizado aumenta el costo de las dietas en comparación con el alimento en harina, aunque algunos investigadores mencionan que este costo puede ser compensado por la mejora de las variables productivas (Abdollahi et al. 2013).

Respecto a los cocteles enzimáticos, se ha encontrado que las enzimas mejoran las variables productivas tales como AC, CA, PP y MH, ya que la función de las enzimas es romper la pared celular de los PNA, y así hacer disponibles los nutrientes (Khusheeba y Sajid 2013; Pérez et al. 2021). Las dietas B y C contenían enzimas, pero sólo el tratamiento B mejoró el PP y MH, ya que las enzimas actúan sobre PNA específicos y eso dependerá de los ingredientes utilizados en la dieta.

El tratamiento A tuvo el costo de kilogramo de huevo más económico ( $p<0.05$ ); esto no sólo está relacionado con el hecho de que el alimento de este tratamiento era el más económico, sino también con que fue el que tuvo la mejor CA ( $p<0.05$ ) (Cuadro 3); por su parte, en los tratamientos B y C el costo de cada kilogramo de huevo aumentó \$9.00, no sólo por ser

más costosos, ya que ambos tenían diferentes precios (\$11.25 y \$12.60, respectivamente), sino por la mala CA.

El tamaño de partícula o forma del alimento no modificó la calidad del huevo en las variables de PH, PA, CY, PC y GC (Cuadro 4). Ege et al. (2019) y Wan et al. (2021) informaron que el tamaño de partícula o la forma de alimento no afecta la calidad de huevo en peso de yema, peso de albumina, fuerza o grosor de cascarón y unidades Haugh. En la presente investigación, respecto al PY se encontró que los tratamientos B y C tuvieron la yema más pesada ( $p<0.05$ ); éstos contenían cocteles enzimáticos y la función de las enzimas es romper la pared celular de los PNA, lo que significa energía disponible para el ave y la energía suplementaria tiene efecto benéfico sobre el peso de la yema (Khusheeba y Sajid 2013; Sell et al. 1987).

La altura de las vellosidades intestinales está relacionada con una mayor área de absorción de nutrientes; en el presente estudio, la altura de las vellosidades en duodeno y yeyuno fueron mayores ( $p<0.05$ ) (Cuadro 5) en los tratamientos B y C, los cuales eran alimentos en pellet con un tamaño de partícula de 1,010 y 1,569 PGD, además de cocteles enzimáticos, que favorecieron el crecimiento de las mismas, mientras que el tratamiento A fue el que tuvo menor tamaño de vellosidades, pues este alimento no contenía enzimas. Zhu et al. (2014) encontraron que la adición de complejos enzimáticos aumentó la longitud de las VI durante la engorda de pollos. Ege et al. (2019) observaron una mayor altura, ancho y radio de las vellosidades en gallinas alimentadas con alimento peletizado, en comparación con las alimentadas en harina; sin embargo, el incremento

**Cuadro 4. Efecto de diferentes alimentos en la calidad de huevo de codorniz japonesa en postura, a las 4, 8 y 12 semanas de experimentación.**

| Tratamiento   | PH<br>(g) | PA<br>(g) | PY<br>(g) | CY    | PC<br>(g) | GC<br>(micrones) |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|------------------|
| A             | 13.75     | 7.81      | 3.94b*    | 9.98  | 1.16      | 0.256            |
| B             | 14.32     | 8.21      | 4.23a     | 10.00 | 1.18      | 0.255            |
| C             | 13.92     | 8.97      | 4.03a     | 9.89  | 1.18      | 0.255            |
| EEM           | 0.19      | 0.59      | 0.05      | 0.06  | 0.01      | 0.006            |
| Interacciones |           |           |           |       |           |                  |
| T             | 0.14      | 0.408     | 0.010     | 0.043 | 0.57      | 0.995            |
| P             | 0.07      | 0.169     | 0.005     | 0.306 | 0.004     | 0.08             |
| T*P           | 0.82      | 0.29      | 0.538     | 0.473 | 0.386     | 0.06             |

\*Medias con la letra distinta dentro de cada columna son diferentes ( $p<0.05$ ); PH, peso de huevo; PA, peso de albumina; PY, peso de yema; CY, color de yema, escala de Roche; PC, peso de cascarón; GC, grosor de cascarón; EEM, error estándar de la media; T, tratamiento; P, periodo; T\*P, tratamiento por periodo.

**Cuadro 5. Altura de las vellosidades intestinales en codorniz japonesa en postura de 20 semanas de edad con diferentes alimentos comerciales.**

| Tratamiento | Duodeno ( $\mu\text{m}$ ) | Yeyuno ( $\mu\text{m}$ ) |
|-------------|---------------------------|--------------------------|
| A           | 75.45b*                   | 70.50b                   |
| B           | 109.20a                   | 89.19a                   |
| C           | 103.39a                   | 87.09a                   |
| EE          | 1.51                      | 1.30                     |

EEM, error estándar de la media. \*Medias con letra distinta dentro de cada columna son diferentes ( $p < 0.05$ ).

del área de absorción intestinal como resultado de la alimentación con pellet no se manifestó en una mayor utilización y absorción de nutrimentos.

El TGI puede adaptarse y reaccionar morfológica y enzimáticamente a manipulaciones en la dieta, tales como cambios en tamaño de partícula y forma de alimento (Svihus 2014). En el presente experimento, los resultados indicaron que la presentación de alimento o tamaño de partícula no modificaron ( $p > 0.05$ ) el PGA, largo, ancho o peso de proventrículo y molleja con y sin alimento (Cuadro 6). La molienda gruesa aumenta el peso de la molleja de las aves, ya que los contenidos digestivos se retienen durante más tiempo en ésta, lo que estimula su desarrollo y función (Jacobs y Parsons 2013). Sin embargo, el estudio de Koçer et al. (2016) no informó de cambios en el peso de la molleja, lo que está relacionado con el tamaño final de las partículas y la composición de ingredientes de las dietas. El PHIG aumentó ( $p < 0.05$ ) con el tamaño de partícula de 904 y 1,010 PGD y disminuyó con el mayor tamaño

(1,569 PGD). Esta disminución del hígado con un PGD inferior fue para hacer frente a las implicaciones negativas del paso rápido del alimento en la digestión y absorción de nutrientes (Ege et al. 2019).

## CONCLUSIÓN

El peletizado aumenta el consumo de alimento de las aves, pero los nutrimentos se ven afectados por el proceso que lleva a conversiones alimenticias menores. La presentación en harina es la mejor alternativa para alimentar a las codornices durante la postura, lo que se refleja en la mejor conversión alimenticia. El tamaño de partícula del alimento de 904, 1,010 y 1,569 PGD no modifica el peso o longitud de proventrículo y molleja. El tamaño de partícula inferior a 1,010 PGD aumenta el peso del hígado. Los cocteles de enzimas utilizados en estos alimentos comerciales aumentan el peso de la yema y altura de las vellosidades intestinales, mientras que el costo de kilogramo de huevo obedece a la conversión alimenticia y precio de los alimentos balanceados.

## AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por el apoyo con reactivos para la presente investigación.

**Cuadro 6. Longitud y peso de órganos internos en codorniz japonesa de 20 semanas de edad con diferentes alimentos comerciales.**

| TRAT       | A      | B      | C     | EEM  |
|------------|--------|--------|-------|------|
| LPROV (mm) | 20.50  | 18.92  | 21.56 | 0.51 |
| APROV (mm) | 9.4    | 9.3    | 9.4   | 0.21 |
| PPROV (g)  | 1.06   | 1.00   | 1.24  | 0.05 |
| LMOLL (mm) | 26.40  | 25.46  | 26.96 | 0.23 |
| AMOLL (mm) | 18.04  | 18.74  | 18.60 | 0.18 |
| MOLLMD (g) | 4.06   | 4.45   | 4.7   | 0.51 |
| MOLLSD (g) | 3.7    | 3.9    | 4.34  | 0.16 |
| MOLLLI (g) | 3.04   | 3.32   | 3.28  | 0.14 |
| PGA (g)    | 4.52   | 2.54   | 4.54  | 0.75 |
| PHIG(g)    | 6.85a* | 6.04ab | 5.2b  | 0.28 |

LPROV, longitud proventrículo; APROV, ancho proventrículo; PPROV, peso proventrículo; LMOLL, longitud molleja; AMOLL, ancho molleja; MOLLMD, molleja más digesta; MOLLSD, molleja sin digesta; MOLLLI, molleja limpia; PGA, peso de grasa abdominal; PHIG, peso de hígado. EEM, error estándar de la media. \*Medias con letra distinta dentro de cada fila son diferentes ( $p < 0.05$ ).

## LITERATURA CITADA

- Abd El-Hack ME, Khalid MM, Faten AM, Swelum AA, Taha AE, Shewita RS, El-Sayed OS, Alowaimer AN. 2019. Laying performance, physical, and internal egg quality criteria of hens fed distillers dried grains with solubles and exogenous enzyme mixture. *Animals* 9: 150. <https://doi.org/10.3390/ani9040150>
- Abdollahi MR, Ravindran V, Svihus B. 2013. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Animal Feed Science Technology* 179: 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2012.10.011>
- Cosmos. [internet]. 2022. Alimentos para pollos de engorda. [citado 2022 sept 27]. Disponible en: <https://www.cosmos.com.mx/producto/alimentos-para-pollos-de-engorda-4j13/>
- [CP] Colegio de Postgraduados. [internet]. 2016. Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados. [citado 2022 marzo 2]. Disponible en: [https://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Investigacion/REGLAMENTO\\_USO\\_CUIDADO\\_ANIMALES%20DESTINADOS\\_INVESTIG\\_CP%20\(1\).pdf](https://www.colpos.mx/wb_pdf/Investigacion/REGLAMENTO_USO_CUIDADO_ANIMALES%20DESTINADOS_INVESTIG_CP%20(1).pdf)
- Ege G, Bozkurt M, Koçer B, Tuzun AE, Uygun M, Alkan G. 2019. Influence of feed particle size and feed form on productive performance, egg quality, gastrointestinal tract traits, digestive enzymes, intestinal morphology, and nutrient digestibility of laying hens reared in enriched cages. *Poultry Science* 98: 3787-3801. <https://doi.org/10.3382/ps/pez082>
- Gava MS, Moraes LB, Carvalho D, Chitolina GZ, Fallavena LCB, Moraes HLDS, Salle CT. 2015. Determining the best sectioning method and intestinal segment for morphometric analysis in broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 17: 145-149. <https://doi.org/10.1590/1516-635x1702145-150>
- Jacobs C, Parsons CM. 2013. The effects of coarse ground corn, whole sorghum, and a prebiotic on growth performance, nutrient digestibility, and cecal microbial populations in broilers fed diets with and without corn distiller dried grains with solubles. *Poultry Science* 92: 2347-2357. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02928>
- Khusheeba M, Sajid M. 2013. A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25: 66-80. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i1.9138>
- Koçer B, Bozkurt M, Küçükylmaz K, Ege G, Aksit H, Orojpour A, Topbas S, Tüzün AE, Bintas E, Seyrek K. 2016. Effects of particle sizes and physical form of the diet on performance, egg quality and size of the digestive organs in laying hens. *Europe Poultry Science* 80: 1-15. <https://doi.org/10.1399/eps.2016.159>
- Leeson S, Summers JD. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. University Books. Guelph, Canadá.
- Loar II RE, Wamsley KGS, Evans A, Moritz JS, Corzo A. 2014. Effects of varying conditioning temperature and mixer-added fat on feed manufacturing efficiency, 28- to 42-day broiler performance, early skeletal effect, and true amino acid digestibility. *Journal of Applied Poultry Research* 23: 444-455. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00930>
- Massuquetto A, Durau JF, Schramm VG, Netto MT, Krabbe EL, Maiorka A. 2018. Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 27: 51-58. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx039>
- [NRC] National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. National Academy of Sciences. Washington, Estados Unidos.
- Pérez M, Cuca JM, Becerril C, Pro A, Hernández O, González M, Valdés V, Carrillo S. 2021. Granos secos de destilería con solubles de maíz y suplementación de xilanas en pollas y gallinas *bovans White*. *Agrociencia* 55: 417-431. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i5.2518>
- Rostagno HS, Teixeira L, Donzele J, Gomes P, De Oliveira R, Lopes DA, Ferreira A. 2017. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales, 2. [citado 2022 mayo 27]. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/126-tablas\\_brasileras\\_aves\\_cerdos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/126-tablas_brasileras_aves_cerdos.pdf)
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México, México.
- [SAS] Statistical Analysis Systems. 2017. *SAS/STAT User's guide, version 9.4*. SAS Institute Inc. Cary, Estados Unidos.
- Sell JL, Angel CR, Escribano F. 1987. Influence of supplemental fat on weights of eggs and yolks during early egg production. *Poultry Science* 66: 1807-1812. <https://doi.org/10.3382/ps.0661807>

- Svihus B. 2014. Function of the digestive system. *Journal of Applied Poultry Research* 23: 306-314. <https://doi.org/10.3382/japr.2014-00937>
- Wan Y, Ma R, Khalid A, Chai L, Qi R, Liu W, Li J, Li Y, Zhan K. 2021. Effect of the pellet and mash feed forms on the productive performance, egg quality, nutrient metabolism, and intestinal morphology of two laying hen breeds. *Animals* 11: 701. <https://doi.org/10.3390/ani11030701>
- Zhu HL, Hu LL, Hou YQ, Zhang J, Ding BY. 2014. The effects of enzyme supplementation on performance and digestive parameters of broilers fed corn-soybean diets. *Poultry Science* 93: 1704-1712. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03626>