

Parámetros de consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad en aves de postura bajo sistema semiintensivo en Estelí, Nicaragua

Parameters of feed consumption, feed conversion and mortality in laying hens implementing a semi-intensive system in Estelí, Nicaragua

 **Edgardo Salvador Jiménez-Martínez***¹

edgardo.jimenez@ucn.edu.ni

 **Deyvis Berman Cruz Mercado**¹

deyviscrz@gmail.com

 **Joer Franklin Gutiérrez Hernández**¹

gut95jfran@gmail.com

Fecha de Recepción: 24-01-2026

Fecha de Aprobación: 12-03-2026

RESUMEN

La avicultura de postura desempeña un papel clave en la seguridad alimentaria y en la economía rural, particularmente en contextos productivos de países en desarrollo como Nicaragua. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los parámetros de consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad en gallinas ponedoras bajo un sistema de producción semiintensivo en la granja avícola Monte Carmelo, Estelí. La investigación se desarrolló entre las semanas 16 y 37 de vida de las aves, mediante un enfoque cuantitativo, descriptivo y analítico-observacional. Se utilizó un muestreo probabilístico estratificado, conformado por 320 gallinas de la línea genética Dekalb White y 500 de la línea Isa Brown. La información se obtuvo a partir del análisis de registros productivos del sistema de manejo. Los resultados evidenciaron una baja mortalidad durante el período evaluado, registrándose ausencia total de muertes en la línea Dekalb White y una mortalidad acumulada de 0,4 % en Isa Brown. El consumo promedio diario de alimento durante la fase productiva estable fue de 106 g/ave/día para Dekalb White y 111 g/ave/día para Isa Brown. La conversión alimenticia mostró valores elevados al inicio de la postura y mejoró progresivamente, estabilizándose a partir de la semana 25 en ambas líneas genéticas. Se concluye que el consumo promedio diario de alimento mostró diferencias significativas entre las líneas genéticas estudiadas, siendo mayor en Isa Brown, en cuanto a la conversión alimenticia, se encontró mayor estabilidad en la línea Dekalb White, lo que evidencia una utilización eficiente del alimento para la producción de huevos.

Palabras clave: Conversión alimenticia, gallinas ponedoras, sistema semiintensivo

¹ Universidad Central de Nicaragua. Managua, Nicaragua

*Autor de correspondencia



ABSTRACT

Laying hen farming plays a key role in food security and the rural economy, particularly in the production contexts of developing countries like Nicaragua. This study aimed to evaluate feed intake, feed conversion ratio, and mortality parameters in laying hens under a semi-intensive production system at the Monte Carmelo poultry farm in the municipality of Estelí. The research was conducted between weeks 16 and 37 of the birds' life, using a quantitative, descriptive, and analytical-observational approach. A stratified probability sampling method was used, consisting of 320 hens of the Dekalb White genetic line and 500 of the Isa Brown line. Data were obtained from the analysis of production records and direct observation of the management system. The results showed low mortality during the evaluation period, with no deaths recorded in the Dekalb White line and a cumulative mortality rate of 0.4% in the Isa Brown line. The average daily feed intake during the stable production phase was 106 g/bird/day for Dekalb White and 111 g/bird/day for Isa Brown, remaining within normal ranges for laying hens. Feed conversion ratio showed high values at the beginning of laying and improved progressively, stabilizing from week 25 onward in both genetic lines, with greater stability in Dekalb White. It is concluded that the average daily feed intake showed significant differences between the genetic lines, being slightly higher in Isa Brown. Regarding feed conversion ratio, greater stability was observed in the Dekalb White line, indicating a more efficient utilization of feed for egg production.

Keywords: Laying hens, feed conversion ratio, semi-intensive system.

INTRODUCCIÓN

La producción de huevos en sistemas avícolas es una actividad de gran relevancia para la seguridad alimentaria y la economía rural, especialmente en países en desarrollo como Nicaragua. Las aves de postura representan una importante fuente de proteína de bajo costo para el consumidor, lo que convierte a este sector en un pilar productivo dentro de la agricultura nacional (Mancinelli, 2022).

El éxito de los sistemas de producción, sin embargo, depende de múltiples factores interrelacionados, entre los cuales destacan la genética de las aves, la nutrición, el manejo técnico y las estrategias de control sanitario. En los sistemas de producción semiintensivos, como el utilizado en la granja Monte Carmelo en Estelí, la eficiencia productiva puede verse limitada por deficiencias en el manejo ambiental y sanitario, lo cual impacta directamente parámetros técnicos clave como mortalidad, consumo de alimento y conversión alimenticia. Estos parámetros son instrumentos esenciales para evaluar el desempeño zootécnico de las parvadas y su eficiencia productiva, mientras su monitoreo permite identificar oportunidades de mejora en el manejo y la nutrición (Gutiérrez et al., 2015).

El consumo de alimento y la conversión alimenticia reflejan la eficacia con la que las aves transforman el alimento en producto comercial (huevo), influenciados tanto por la calidad de la dieta como por factores ambientales y genéticos (Nóbrega et al., 2022). Por su parte, la mortalidad acumulada se utiliza como indicador de bienestar y estabilidad del lote, siendo sensible a las condiciones de manejo, sanidad y estrés ambiental (Gao et al., 2025). La comparación del

desempeño productivo entre líneas genéticas, tales como *Dekalb White* e *Isa Brown*, permite además evaluar cómo características genéticas específicas interactúan con las condiciones de producción para determinar la eficiencia en parámetros técnicos (Gulabrai et al., 2025).

Comprender estas relaciones es fundamental para proponer estrategias que optimicen la producción, mejoren el bienestar animal y favorezcan la rentabilidad de los sistemas avícolas en contextos semiintensivos. El propósito de este estudio fue evaluar los parámetros de mortalidad, consumo de alimento y conversión alimenticia en aves de postura bajo un sistema de producción semiintensivo en Estelí, así como comparar el desempeño de las líneas Dekalb White e Isa Brown mediante registros productivos. Como hipótesis estadística de este estudio, se plantea que existen diferencias significativas en los parámetros productivos de consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad, entre las líneas genéticas Dekalb White e Isa Brown bajo condiciones de producción semiintensiva, lo cual influye en la eficiencia productiva del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y diseño de investigación

La investigación se desarrolló en la finca avícola Monte Carmelo, ubicada en el municipio de Estelí, Nicaragua. Se realizó bajo un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y un diseño analítico-observacional, sustentado en el análisis de registros productivos existentes y la observación directa del sistema de producción. Para este efecto, se evaluaron aspectos relacionados con la genética, el manejo productivo, el consumo de alimento, la mortalidad y la eficiencia productiva de las aves de postura. La unidad de análisis estuvo constituida por los parámetros productivos y zootécnicos del sistema, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en la productividad y el bienestar animal.

Población y muestra

La población estuvo conformada por un total de 1,141 gallinas ponedoras alojadas en la finca Monte Carmelo. Se trabajó con una muestra probabilística estratificada, correspondiente a dos lotes productivos: 320 gallinas de la línea genética Dekalb White y 500 gallinas Isa Brown, seleccionadas por representar las principales líneas utilizadas en el sistema de producción avícola evaluado.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Análisis documental: Consistió en la revisión y análisis de registros productivos existentes, tales como consumo de alimento, producción diaria de huevos, mortalidad y número de aves alojadas. Estos registros constituyeron la principal fuente de información cuantitativa para el estudio.

Observación directa: Se realizó la observación del sistema de producción semiintensivo durante los meses de septiembre a octubre, enfocándose en las condiciones de manejo, ambiente e

instalaciones. La información observada fue registrada mediante rúbricas estructuradas, permitiendo complementar y validar los datos obtenidos en los registros productivos.

Procesamiento y análisis de los datos: Los datos obtenidos durante el periodo experimental fueron organizados y analizados mediante estadística descriptiva e inferencial con el fin de evaluar las diferencias entre las líneas genéticas Dekalb White e Isa Brown.

Para las variables cuantitativas consumo de alimento (g/ave/día) y conversión alimenticia, se calcularon inicialmente medidas descriptivas de tendencia central y dispersión, incluyendo media, mediana, desviación estándar y rango.

Posteriormente, dado que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se empleó la prueba no paramétrica U de Mann–Whitney para comparar las diferencias entre ambas líneas genéticas. Adicionalmente, para las variables de tipo categórico o de frecuencia evaluadas durante el estudio, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) con el propósito de determinar la asociación o independencia entre las categorías analizadas y las líneas genéticas estudiadas.

En todos los casos se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los resultados se consideraron estadísticamente significativos cuando $P < 0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando procedimientos estándar de estadística aplicada a la producción animal, permitiendo comparar el desempeño productivo entre las líneas evaluadas durante el periodo experimental.

Variables evaluadas

Consumo de alimento por ave por día (g/ave/día): Se determinó a partir del registro diario del alimento suministrado y consumido por las aves. Este parámetro permitió estimar la eficiencia alimenticia y el costo de producción.

Conversión alimenticia: La conversión alimenticia (CA) se calculó con el objetivo de evaluar la eficiencia en la utilización del alimento para la producción de huevos. $FCR = \text{Feed Intake} / \text{Egg Mass Produced}$. Donde: FCR (Feed Conversion Ratio) = conversión alimenticia, Feed Intake = cantidad total de alimento consumido en kg, Egg Mass Produced = masa total de huevo producida en kg. La conversión alimenticia es ampliamente utilizada en estudios de producción avícola como un parámetro fundamental para evaluar el desempeño productivo y económico de diferentes líneas genéticas de gallinas ponedoras (Attia et al., 2022).

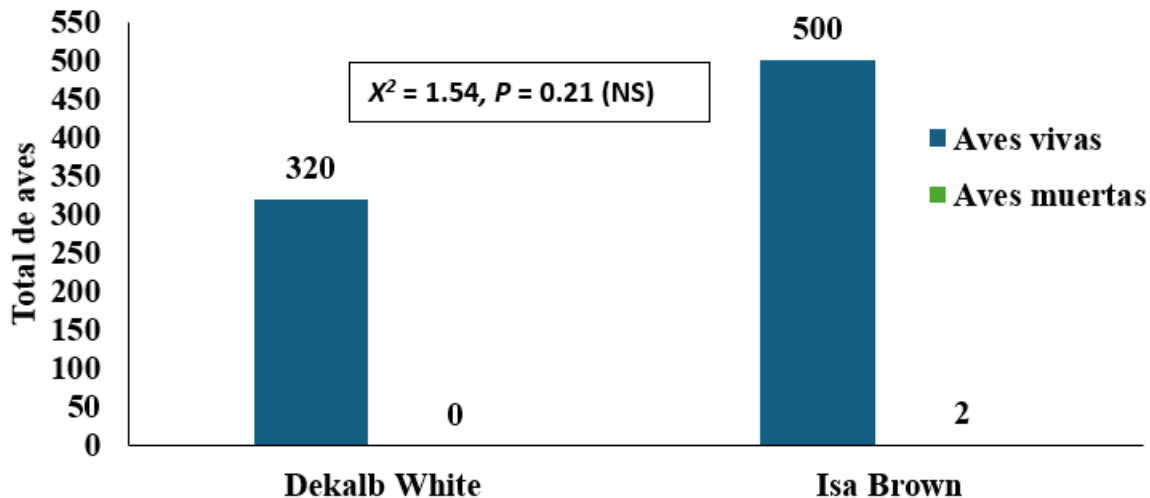
Mortalidad: Corresponde al porcentaje de aves fallecidas durante el período de evaluación. Para su cálculo se llevó un registro diario de aves muertas, considerando diversas causas potenciales asociadas a sanidad, manejo y condiciones productivas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mortalidad en aves de postura bajo sistema semiintensivo

Figura 1.

Mortalidad de aves Dekalb White e Isa Brown de la semana 16 a la 37



La Figura 1 muestra la mortalidad acumulada de las aves durante el período de evaluación. En la línea genética Dekalb White, no se registraron muertes desde la semana 16 hasta la semana 37, manteniéndose constante el número inicial de aves alojadas.

En el caso de la línea Isa Brown, no se registró mortalidad desde la semana 16 hasta la semana 35. En la semana 37 se reportó la muerte de 2 aves, lo que representó una mortalidad acumulada de 0,4 %, reduciendo el número de aves alojadas de 500 a 498. Se realizó una prueba de Chi-cuadrado para evaluar la asociación entre la línea genética y la mortalidad de las aves. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre ambas líneas genéticas ($\chi^2 = 1.54$; $gl = 1$; $P = 0.21$), indicando que la mortalidad registrada durante el período de evaluación no estuvo asociada significativamente con la raza de las aves bajo las condiciones de producción evaluadas.

Cabe resaltar que no se observaron incrementos adicionales en la mortalidad durante el resto del período evaluado. Los resultados obtenidos evidencian una baja mortalidad acumulada en ambas líneas genéticas durante el período evaluado (semanas 16 a 37), con ausencia total de mortalidad en Dekalb White y únicamente 0,4 % en Isa Brown hacia el final del ciclo.

Estos valores se consideran inferiores a los reportados en sistemas comerciales de producción de huevo, donde la mortalidad acumulada suele incrementarse conforme avanza la etapa productiva (Schuck-Paim et al., 2021), por lo que, a medida que las aves maduran, es esencial un monitoreo continuo de su salud.

El control de enfermedades y la prevención de mortalidad son factores que se deben observar estrechamente durante las semanas 16 a 37. Lo anterior se debe a que, en esta etapa, las aves son vulnerables a enfermedades respiratorias y gastrointestinales si no se mantienen condiciones higiénicas adecuadas. Esto se sustenta en estudios previos realizados por (Narváez, 2023), quien ha observado que el bienestar sanitario de las aves es clave para mantener altos niveles de productividad.

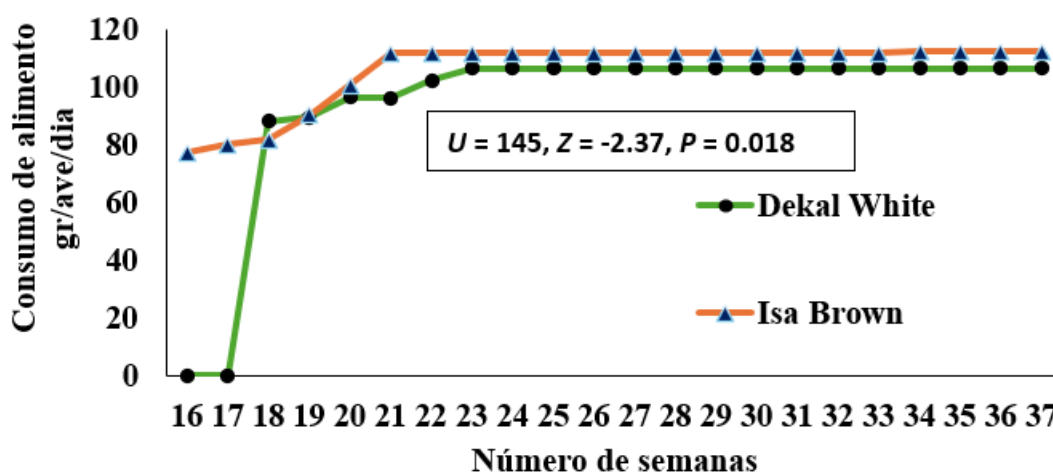
Estudios similares también señalan la estrecha relación entre la mortalidad en gallinas ponedoras con factores de manejo, sanidad y ambiente productivo. Por ejemplo, de acuerdo con Rodríguez & González (2018) y Reis et al. (2023), en sistemas con control adecuado de bioseguridad, densidad poblacional y alimentación balanceada, es posible mantener tasas de mortalidad reducidas durante las primeras fases del ciclo de postura. En este sentido, la baja mortalidad observada sugiere condiciones de manejo sanitario estables en el sistema semiintensivo evaluado.

Asimismo, investigaciones recientes destacan que la mortalidad tiende a incrementarse en sistemas con deficiencias en ventilación, control térmico y manejo sanitario, especialmente a partir de la madurez productiva (Bist, 2024). Basado en lo anterior, la estabilidad observada hasta la semana 37 coincide con lo reportado por López et al. (2020), quienes indican que una adecuada adaptación del ave al sistema de alojamiento contribuye significativamente a reducir pérdidas por mortalidad.

Consumo de alimento en aves de postura bajo sistema semiintensivo

Figura 2.

Consumo de alimento en gr/aves/día de las aves Dekalb White e Isa Brown de la semana 16 a la 37



El consumo promedio diario de alimento por ave se presenta en la Figura 2. Durante las primeras semanas (semanas 16 a 18), ambas líneas genéticas mostraron un consumo bajo similar. A partir de la semana 19; este aumentó progresivamente conforme las aves ingresaron a la fase productiva. Durante la etapa de estabilización (semanas 21 a 37), las aves Isa Brown registraron un consumo promedio de 111 g/ave/día, mientras que las aves Dekalb White presentaron un consumo promedio de 106 g/ave/día. En este período, el consumo se mantuvo relativamente constante en ambas líneas

genéticas, observándose un consumo ligeramente mayor en Isa Brown en comparación con Dekalb White.

Por otra parte, el consumo de alimento (g/ave/día) mostró diferencias entre las líneas genéticas Dekalb White e Isa Brown durante el periodo evaluado (16-37 semanas de edad). La línea Isa Brown presentó un mayor consumo promedio (104.5 ± 10.2 g/ave/día) en comparación con Dekalb White (93.9 ± 29.6 g/ave/día).

La comparación mediante la prueba no paramétrica de U Mann–Whitney evidenció diferencias significativas entre ambas líneas genéticas ($U = 145$; $Z = -2.37$; $p = 0.018$). En términos generales, el consumo de alimento aumentó progresivamente desde el inicio del periodo de postura hasta estabilizarse alrededor de las semanas 23–25, manteniéndose posteriormente relativamente constante. Durante esta fase de estabilidad productiva, las aves Isa Brown mantuvieron un consumo ligeramente superior respecto a Dekalb White.

El consumo promedio de alimento registrado durante la fase productiva estable mostró diferencias entre las líneas genéticas, siendo ligeramente mayor en Isa Brown (111 g/ave/día) respecto a Dekalb White (106 g/ave/día). Este comportamiento coincide con lo descrito por Martínez y González (2020), quienes reportan que las diferencias genéticas influyen directamente en el requerimiento energético y el patrón de consumo de las gallinas ponedoras.

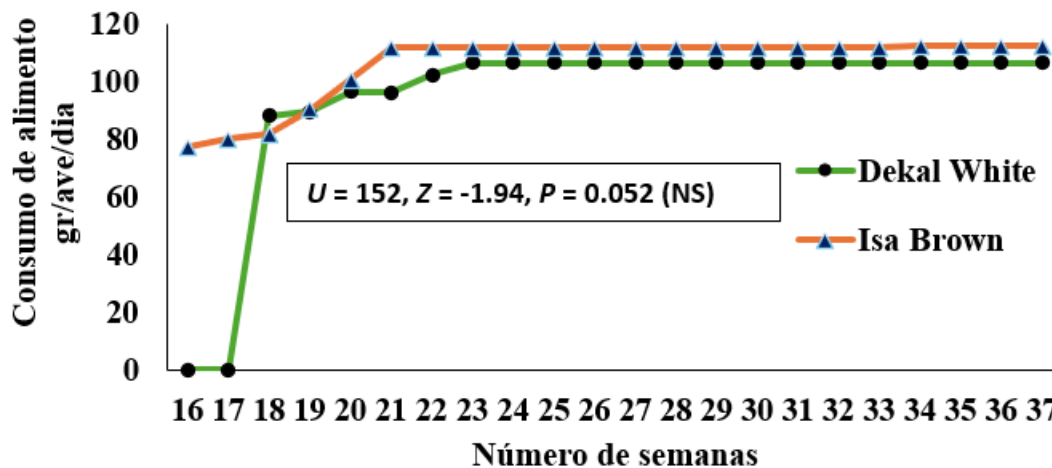
Además, estudios técnicos han establecido que el consumo diario normal de alimento en gallinas ponedoras en producción oscila entre 105 y 115 g/ave/día bajo condiciones ambientales controladas (Van Staaveren et al., 2018; Bist et al., 2024), rangos que concuerdan con los valores obtenidos en el presente estudio. Estas variaciones responden tanto a la genética como a la edad productiva y la eficiencia metabólica de cada línea.

Adicionalmente, se ha documentado que el consumo tiende a incrementarse durante el inicio de la postura y posteriormente se estabiliza cuando las aves alcanzan un equilibrio fisiológico entre mantenimiento y producción (Castro & Peña, 2017; Martínez & González, 2020). El patrón observado entre las semanas 21 y 37 confirma esta tendencia, evidenciando una estabilización del consumo conforme se consolida la producción de huevo.

Conversión alimenticia en aves de postura bajo sistema semiintensivo

Figura 3.

Conversión alimenticia expresado como kilogramos de alimento requeridos para producir una cajilla de huevos en aves de postura Dekalb White e Isa Brown de la semana 16 a la 37



La Figura 3 presenta los valores de conversión alimenticia expresados como kilogramos de alimento requeridos para producir un kilogramo de masa de huevos. Durante el inicio de la postura (semanas 16 a 20), ambas líneas genéticas mostraron valores elevados de conversión alimenticia, con registros aproximados de 2.4686 kg para Isa Brown y 2.8181 kg para Dekalb White. A partir de la semana 21, se observó una disminución progresiva en la conversión alimenticia en ambas líneas.

Desde aproximadamente la semana 25 hasta la semana 37, los valores se estabilizaron en rangos más bajos, indicando una mayor eficiencia productiva. Durante este período, ambas líneas presentaron comportamientos similares, aunque la línea Dekalb White mostró una mayor estabilidad en los valores de conversión alimenticia, mientras que la Isa Brown presentó ligeras fluctuaciones.

La conversión alimenticia presentó valores elevados durante las primeras semanas de postura, seguidos por una disminución progresiva y posterior estabilización a partir de aproximadamente la semana 25. Este comportamiento es ampliamente descrito en la literatura, donde se señala que las gallinas ponedoras presentan una menor eficiencia alimenticia durante el inicio de la producción debido a la adaptación fisiológica del aparato reproductor (Dao et al., 2023).

En contraste, la conversión alimenticia mostró una marcada disminución durante las primeras semanas de producción en ambas líneas genéticas Dekalb White e Isa Brown, estabilizándose progresivamente a partir de la semana 22 de edad. La línea Dekalb White presentó una conversión alimenticia media de 45.1 ± 137.6 , mientras que Isa Brown registró 46.9 ± 121.7 . Las medianas fueron de 3.9 y 2.8, respectivamente. No obstante, la comparación mediante la prueba no

paramétrica de Mann–Whitney no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre ambas líneas ($U = 152$; $Z = -1.94$; $P = 0.052$).

Investigaciones recientes destacan que la conversión alimenticia mejora conforme las aves alcanzan su pico productivo, debido a un uso más eficiente del alimento para la producción de huevos (Zhang, et al., 2024). En este estudio, ambas líneas genéticas mostraron una tendencia similar, aunque Dekalb White presentó mayor estabilidad en los valores de conversión durante la fase productiva estable.

Asimismo, se ha señalado que factores como genética, calidad del alimento y condiciones ambientales influyen de manera directa en la eficiencia de conversión alimenticia (Jones et al., 2018; Zhao et al., 2022). Las diferencias observadas entre ambas líneas concuerdan con lo reportado por Zhao et al. (2022), quienes concluyen que líneas con menor consumo diario tienden a presentar mejores índices de conversión, siempre que la producción se mantenga constante.

En términos productivos, una conversión alimenticia más eficiente representa una reducción en los costos de producción, aspecto clave para la sostenibilidad económica del sistema avícola (Elsherbeni et al., 2024). Los resultados obtenidos indican que, una vez superada la etapa inicial de postura, ambas líneas alcanzan niveles de eficiencia comparables bajo el sistema semiintensivo evaluado.

Los resultados observados en este estudio también podrían estar relacionados con las características propias del sistema de producción semiintensivo implementado en la granja avícola Monte Carmelo. En este tipo de sistema, las aves tienen mayor oportunidad de movimiento, acceso a luz solar natural y posibilidad de expresar comportamientos naturales como el escarbado y la exploración del entorno. Diversos estudios señalan que estas condiciones pueden favorecer el bienestar animal, mejorar la adaptación fisiológica y contribuir a una mayor resiliencia productiva en gallinas ponedoras (Neethirajan, 2025; Arulnathan et al., 2024).

Asimismo, en sistemas semiintensivos o con acceso parcial al exterior, las aves pueden complementar su dieta mediante la ingestión de pequeños invertebrados, semillas o material vegetal disponible en el entorno, lo que podría contribuir al equilibrio nutricional y al funcionamiento del sistema digestivo. En este sentido, la eficiencia alimenticia en gallinas ponedoras está influenciada no solo por factores genéticos, sino también por las condiciones ambientales y nutricionales presentes en el sistema de producción (Bernard et al., 2024).

La mayor estabilidad observada en la línea genética Dekalb White podría estar asociada a su capacidad de adaptación a sistemas de producción menos intensivos, donde el bienestar animal, el comportamiento natural y el manejo ambiental influyen directamente en la eficiencia productiva. Estudios recientes también destacan que los sistemas de producción con mayor consideración por el bienestar animal pueden mejorar simultáneamente los indicadores de sostenibilidad, productividad y eficiencia en la producción avícola (Wu et al., 2025).

En el contexto del corredor seco del norte de Nicaragua, estos resultados adquieren especial relevancia, ya que los sistemas productivos resilientes y adaptados a condiciones climáticas variables pueden contribuir significativamente a la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de Estelí. En este sentido, la producción avícola a pequeña y mediana escala representa una fuente importante de proteína animal y de ingresos para las familias rurales de la región (Simon et al., 2020).

Desde una perspectiva económica, la elección del sistema de producción puede influir significativamente en la rentabilidad de las explotaciones avícolas. Algunos estudios recientes señalan que los sistemas alternativos o semiintensivos pueden reducir determinados costos relacionados con infraestructura, bienestar animal y manejo ambiental, aunque también presentan desafíos asociados con la eficiencia técnica y la gestión productiva (Boko et al., 2024).

Asimismo, investigaciones sobre sostenibilidad en sistemas de gallinas ponedoras indican que la eficiencia productiva y económica depende de la interacción entre genética, manejo, alimentación y condiciones ambientales del sistema de producción (Browne et al., 2024). En este sentido, futuros estudios podrían profundizar en el análisis del costo-beneficio comparando sistemas intensivos y semiintensivos bajo las condiciones productivas del norte de Nicaragua.

Este tipo de investigaciones permitiría evaluar no solo los indicadores productivos, sino también los aspectos económicos, ambientales y sociales asociados a cada sistema, contribuyendo así a la formulación de estrategias de producción avícola más sostenibles y adaptadas a las realidades locales.

CONCLUSIONES

La mortalidad registrada en el sistema de producción semiintensivo fue baja durante el período evaluado, con ausencia total de muertes en la línea genética Dekalb White y una mortalidad acumulada de apenas 0,4 % en Isa Brown. Estos resultados indican condiciones adecuadas de manejo sanitario y ambiental, evidenciando estabilidad del sistema productivo hasta la semana 37 de vida de las aves.

El consumo promedio diario de alimento mostró diferencias significativas entre las líneas genéticas, siendo ligeramente mayor en Isa Brown en comparación con Dekalb White durante la fase productiva. No obstante, en ambas líneas el consumo se mantuvo dentro de rangos esperados para gallinas ponedoras en producción, lo que refleja un adecuado ajuste entre las necesidades nutricionales de las aves y su nivel de producción bajo el sistema semiintensivo.

La conversión alimenticia presentó valores elevados durante el inicio de la postura y mejoró progresivamente conforme las aves alcanzaron la producción estable, manteniéndose en niveles eficientes a partir de la semana 25. Ambas líneas genéticas mostraron un comportamiento similar en la fase productiva, lo que evidencia una utilización eficiente del alimento para la producción de huevos.

Además de los resultados obtenidos en este estudio, se considera pertinente que en futuras investigaciones se profundice en el análisis comparativo entre líneas genéticas de gallinas ponedoras, la evaluación económica del sistema de producción semiintensivo, considerando costos de alimentación, manejo, infraestructura y rentabilidad, con el fin de determinar su viabilidad productiva frente a otros sistemas de manejo.

De igual manera, resulta relevante incorporar evaluaciones relacionadas con indicadores de bienestar animal, tales como comportamiento, acceso al espacio, condiciones ambientales y nivel de estrés de las aves, aspectos que actualmente son considerados fundamentales dentro de los sistemas de producción avícola sostenibles.

Finalmente, se sugiere realizar estudios comparativos entre sistemas semiintensivos e intensivos, con el propósito de analizar su impacto en la productividad, eficiencia alimenticia, bienestar animal y sostenibilidad de la producción de huevos, especialmente en contextos rurales y en regiones con limitaciones climáticas como el corredor seco nicaragüense.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este manuscrito agradecen a la Universidad Central de Nicaragua por su apoyo económico y de personal brindado en el desarrollo y ejecución de esta investigación.

REFERENCIAS

- Arulnathan, V., Turner, I., Bamber, N., Ferdous, J., Grassauer, F., Doyon, M., & Pelletier, N. (2024). A systematic review of productivity, egg quality, and animal welfare implications of extended lay cycles in commercial laying hens. *Poultry Science*, 103(4), 103475. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103475>
- Attia, Y. A., Al-Harhi, M. A., & El-Shafey, A. S. (2022). Productivity, egg quality and feed efficiency of laying hens: A review. *Poultry Science*, 101(3), 101650. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101650>
- Bernard, M., Lecoœur, A., Coville, J. L., Bruneau, N., Jarret, D., Lagarrigue, S., Meynadier, A., Calenge, F., Pascal, G., & Zerjal, T. (2024). Relationship between feed efficiency and gut microbiota in laying chickens under contrasting feeding conditions. *Scientific Reports*, 14, 8210. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58374-3>
- Bist, R. B., Bist, K., Poudel, S., Subedi, D., Yang, X., Paneru, B., Mani, S., Wang, D., & Chai, L. (2024). *Sustainable poultry farming practices: a critical review of current strategies and future prospects*. *Poultry Science*, 103(12), 104295. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104295>

- Boko, C., Kpenavoun, C., & Biaou, G. (2024). Inefficiency of laying hens farms in Benin: An input directional distance function approach. *Agriculture & Food Security*, 13, 22. <https://doi.org/10.1186/s40066-024-00471-7>
- Browne, W., Styles, D., & Gibbons, J. (2024). Benchmarking sustainability performance in free-range laying hen flocks. *Agricultural Systems*, 221, 104103. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104103>
- Castro, J., & Peña, M. (2017). Nutrición y calidad del huevo en gallinas ponedoras. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30(2), 123-131. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n2a05>
- Dao, H. T., Sharma, N. K., Swick, R. A., Moss, A. F., & Hernandez, A. (2023). Feeding recycled food waste improved feed efficiency in laying hens from 24 to 43 weeks of age. *Scientific Reports*, 13, 8261. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34878-2>
- Elsherbeni, A. I., Youssef, I. M., Hamouda, R. E., Kamal, M., El-Gendi, G. M., El-Garhi, O. H., Alfassam, H. E., Rudayni, H. A., Allam, A. A., Moustafa, M., & Alshaharn, M. O. (2024). Performance and economic efficiency of laying hens in response to adding zeolite to feed and litter. *Poultry Science*, 103(7), 103799. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103799>
- Gao, Z., Mao, Z., Xuan, L., & Xu, G. (2025). Residual feed intake in late-laying hens: Immune function, metabolic efficiency, and feed utilization dynamics. *Frontiers in Veterinary Science*. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1624978>
- Gulabrai, B. P., Pullin, A. N., Anderson, K. E., & Kiess, A. S. (2025). The influence of genetic strain on production and egg quality amongst four strains of laying hens housed in a cage-free environment. *Poultry Science*, 104(6), 105073. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105073>
- Gutiérrez, L., Bedoya, O., & Arenas, J. (2015). Evaluación de parámetros productivos en pollos de engorde suplementados con microorganismos probióticos. *Temas Agrarios*, 20(2), 81–85. <https://doi.org/10.21897/rta.v20i2.761>
- Jones, D. R., Anderson, K. E., & Guard, J. (2018). The effects of heat stress on feed intake and egg production in laying hens. *Poultry Science*, 97(8), 2844-2851. <https://doi.org/10.3382/ps/pey176>
- López, J., Ramírez, A., & Torres, R. (2020). Evaluación productiva de gallinas ponedoras en sistemas semi-intensivos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 745-756. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5182>
- Mancinelli, A. C. (2022). Poultry Meat and Eggs as Functional Foods. *Nutrients*, 14(3), 510. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14030510>
- Martínez, L., & González, F. (2020). Consumo de alimento y eficiencia productiva en gallinas ponedoras. *Archivos de Zootecnia*, 69(267), 412-420. <https://doi.org/10.21071/az.v69i267.5123>
- Narváez Rueda, P. P. (2023). Diagnóstico de bienestar animal dentro de los sistemas de producción de aves de traspatio familiares del cantón Déleg (Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Cuenca). Repositorio institucional. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/15363>
- Neethirajan, S. (2025). Rethinking poultry welfare—Integrating behavioral science and digital innovations for enhanced animal well-being. *Poultry*, 4(2), 20. <https://doi.org/10.3390/poultry4020020>

- Nóbrega, I. P. T. d., Reis, M. d. P., Lizana, R. R., Moura, T. F. d., Teofilo, G. F. d. S., Bittencourt, L. C., & Sakomura, N. K. (2022). Response of laying hens to repletion and depletion in dietary balanced protein. *Animals*, 12(19), 2567. <https://doi.org/10.3390/ani12192567>
- Schuck-Paim, C., Negro-Calduch, E., & Alonso, W. J. (2021). Laying hen mortality in different indoor housing systems: A meta-analysis of data from commercial farms in 16 countries. *Scientific Reports*, 11, 3052. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81868-3>
- Simon, X., Montero, M., & Bermudez, O. (2020). Advancing food security through agroecological technologies in the dry corridor of Nicaragua. *Sustainability*, 12(3), 844. <https://doi.org/10.3390/su12030844>
- Van Staaveren, N., Decina, C., Baes, C. F., Widowski, T. M., Berke, O., & Harlander-Mataushek, A. (2018). A description of laying hen husbandry and management practices in Canada. *Animals* (Basel), 8(7), 114. <https://doi.org/10.3390/ani8070114>
- Wu, Z., Willems, S., Liu, D., & Norton, T. (2025). How AI improves sustainable chicken farming: A literature review of welfare, economic, and environmental dimensions. *Agriculture*, 15(19), 2028. <https://doi.org/10.3390/agriculture15192028>
- Zhang, H., Wang, X., Yang, W., & Li, X. (2024). Novel insight into the feed conversion ratio in laying hens and construction of its prediction model. *Poultry Science*, 103(10), 104013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104013>
- Zhao, J., Liu, Y., & Wang, X. (2022). Feed efficiency and its relationship with feed conversion ratio in laying hens. *Agriculture*, 12(12), 2171. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122171>