

Effect of palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal on laying, egg quality and economic feasibility of old laying hens

Efecto de la harina de palmiste (*Elaeis guineensis*) en la puesta, calidad del huevo y factibilidad económica de gallinas ponedoras viejas

Y. Martínez¹, J. L. Bonilla¹, M. A. Sevilla¹, I. Matamoros², A. Botello³ and M. Valdiviá⁴

¹Centro de Investigación y Enseñanza Avícola, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

²Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras

³Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Técnica "Luis Vargas Torres". Esmeraldas, Ecuador

⁴Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio. La Habana, Cuba

Email: ymartinez@zamorano.edu

Y. Martínez: <https://orcid.org/0000-0003-2167-4904>

J. L. Bonilla: <https://orcid.org/0000-0003-3259-3130>

M. A. Sevilla: <https://orcid.org/0000-0003-3894-6515>

I. Matamoros: <https://orcid.org/0000-0002-3630-866X>

A. Botello: <https://orcid.org/0000-0001-6709-2104>

M. Valdiviá: <https://orcid.org/0000-0002-8858-0307>

A total of 240 Dekalb White® hens, 100 weeks old, were randomly distributed into two treatments for 20 weeks, with four repetitions per treatment and 30 animals per repetition, to evaluate the effect of palm kernel meal on productivity, egg quality and economic feasibility of old laying hens. The experimental treatments consisted on a control diet and the inclusion of 20 % of palm kernel meal. Laying intensity (5.19%) improved ($P < 0.05$) with palm kernel meal, as well as food intake (5 g/hens/day) and mass conversion (from 2.45 to 2.40 kg/kg). In addition, the percentage of dirty eggs was reduced (2.2%), although without notable changes for egg weight, live weight and mortality of hens ($P > 0.05$). At week 115, yolk color (4) became more intense ($P < 0.05$) with the inclusion of 20% of palm kernel. Also, at week 120, the diet with palm kernel meal improved ($P < 0.05$) the resistance to shell rupture, its thickness and yolk color. The inclusion of 20% of meal reduced ($P < 0.05$) costs of feed (80.43 USD), of consumed feed (2.87%) and the cost of producing an egg (0.01 USD). The inclusion of 20% of palm kernel meal in diets for old laying hens is recommended as a way to increase egg production, improve their external and internal quality, and increase the economic profitability of poultry industry.

Keywords: *African palm tree, old hen, productive response, economic response*

It is known that feeding represents up to 70 % of production costs in poultry industry (Mahammad *et al.* 2019). In Central America and the Caribbean, egg production depends on corn and soybean imports, as fundamental raw materials in the ration of laying hens. Due to the global pandemic of COVID-19, which led to the restriction of the importation of these inputs, and the high competitiveness in poultry industry, prices for acquiring food ingredients (corn and soy) and feed intended for laying hens (USDA 2020) have substantially increased, which makes it impossible to produce eggs with economic profitability for many companies.

Un total de 240 gallinas Dekalb White®, de 100 semanas de edad, se distribuyeron aleatoriamente en dos tratamientos durante 20 semanas, con cuatro repeticiones por tratamiento y 30 aves por repetición, para evaluar el efecto de la inclusión de harina de palmiste en la productividad, calidad del huevo y factibilidad económica de gallinas ponedoras viejas. Los tratamientos experimentales fueron una dieta control y la inclusión de 20 % de harina de palmiste. La intensidad de puesta (5.19 %) mejoró ($P < 0.05$) con la harina de palmiste, así como el consumo de alimentos (5 g/ave/día) y la conversión masal (desde 2.45 hasta 2.40 kg/kg). Además, se redujo el porcentaje de huevos sucios (2.2 %), aunque sin cambios notables para el peso del huevo, peso vivo y mortalidad de las aves ($P > 0.05$). En la semana 115, el color de la yema (4) se incrementó ($P < 0.05$) con la inclusión de 20 % de palmiste. También, en la semana 120, la dieta con harina de palmiste mejoró ($P < 0.05$) la resistencia a la ruptura de la cáscara, su grosor y el color de la yema. La inclusión de 20 % de harina redujo ($P < 0.05$) el costo del pienso (80.43 USD), del alimento consumido (2.87 %) y el costo para producir un huevo (0.01 USD). Se recomienda la inclusión de 20 % de harina de palmiste en las dietas destinadas a gallinas ponedoras viejas, como vía para incrementar la producción de huevos, mejorar su calidad externa e interna, y aumentar la rentabilidad económica de la industria avícola.

Palabras clave: *palma africana, ave vieja, respuesta productiva, respuesta económica*

Se sabe que la alimentación representa hasta 70 % del costo de producción en la industria avícola (Mahammad *et al.* 2019). En Centro América y el Caribe, la producción de huevos depende de la importación de maíz y soya, como materias primas fundamentales en la ración de las gallinas ponedoras. Debido a la pandemia mundial del COVID-19, que derivó a la restricción de la importación de estos insumos, y a la alta competitividad en la industria avícola, se han incrementado sustancialmente los precios para la adquisición de los ingredientes alimenticios (maíz y soya) y piensos destinados a gallinas ponedoras (USDA 2020), lo que para muchas empresas imposibilita la producción de huevos con rentabilidad económica.

Currently, poultry industry is considering new alternatives for feeding animals. It is about finding local resources, available throughout the year, with affordable prices for farmers, that do not affect the genetic potential of animals, and that generate tangible economic gains (Valdivie *et al.* 2020). Honduras is the third largest producer and exporter of palm oil in Latin America, and the eighth worldwide, only surpassed by Ecuador and Colombia. According to SAG (2018), the country currently has 190 thousand hectares sown with oil palm, with a production of 2.4 million tons of fruit and 480 thousand tons of crude oil.

Palm kernel meal, which is the by-product resulting from oil extraction of the fruit, could be an effective food alternative for poultry industry. Its chemical composition is highly variable and depends on the oil extraction method, palm kernel species and the amount of shell that remains in the meal (Pérez *et al.* 1999). This food by-product contains between 13 and 18 % crude protein and between 18 and 28 % crude fiber (Botello *et al.* 2020).

According to Sundu *et al.* (2006), palm kernel meal does not contain aflatoxins or toxic antinutritional components. However, its high crude fiber content limits its use in monogastric animals (especially birds), although, at suitable inclusion levels, it favors animal productivity. According to Yusrizal *et al.* (2013), the inclusion of 30 % improves the competitive exclusion and intestinal health of laying hens. Chong *et al.* (2008) pointed out that the use of 25 % palm kernel meal with exogenous enzymes did not decrease feed conversion and egg production. Alvarenga and Amador (2020) demonstrated that the dietary use of 20 % of palm kernel meal, without the use of multienzyme compounds, maintained laying intensity and egg quality of laying hens.

Genetic companies recommend that it is profitable to use laying hens with a laying intensity greater or equal to 70 %, at 100 weeks of age (Hendrix-Genetics 2018). However, many poultry companies, due to the cost of layer replacement and the technological flow to keep eggs in the market, maintain the animals in production for more than 100 weeks, in order to achieve economic profitability in this productive stage. Given this situation, it is advisable to partially replace imported foods, such as corn and soybean, with others that are available at low prices, with appropriate protein, energy and fiber content.

Based on these conditions, the objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of palm kernel meal on productivity improvement, egg quality and economic feasibility of old laying hens (100 to 120 weeks of age).

Materials and Methods

Experimental location. The study was carried out at the poultry research and teaching center of Zamorano

En la actualidad, la industria avícola busca nuevas alternativas para la alimentación de los animales. Se trata de encontrar recursos locales, disponibles durante todo el año, con precios asequibles para los productores, que no afecten el potencial genético de los animales, y que generen ganancias económicas tangibles (Valdivie *et al.* 2020). Honduras es el tercer productor y exportador de aceite de palma en América Latina, y el octavo a nivel mundial, solo superado por Ecuador y Colombia. Según datos de SAG (2018), el país tiene actualmente 190 mil ha sembradas de palma aceitera, con una producción de 2.4 millones de toneladas de fruta y 480 mil toneladas de aceite crudo.

La harina de palmiste, que es el subproducto resultante de la extracción de aceite del fruto, podría ser una alternativa alimentaria eficaz para la industria avícola. Su composición química es muy variable y depende del método de extracción del aceite, de la especie de la nuez de palma y de la cantidad de cáscara que permanece en la harina (Pérez *et al.* 1999). Este subproducto alimenticio contiene entre 13 y 18 % de proteína cruda y entre 18 y 28 % de fibra cruda (Botello *et al.* 2020).

Según Sundu *et al.* (2006), la harina de palmiste no contiene aflatoxinas ni componentes antinutricionales tóxicos. Sin embargo, su alto contenido de fibra cruda limita su uso en animales monogástricos (especialmente en aves), aunque en niveles de inclusión adecuados favorece la productividad de las aves. Según Yusrizal *et al.* (2013), la inclusión de 30 % mejora la exclusión competitiva y la salud intestinal de las gallinas ponedoras. Chong *et al.* (2008) señalaron que el uso de 25 % de harina de palmiste con enzimas exógenas no disminuyó la conversión alimentaria y la producción del huevo. Alvarenga y Amador (2020) demostraron que la utilización dietética de 20 % de harina de palmiste, sin el uso de compuestos multienzimáticos, mantuvo la intensidad de postura y la calidad del huevo en gallinas ponedoras.

Las empresas genéticas recomiendan como rentable utilizar gallinas ponedoras con intensidad de puesta mayor o igual al 70 %, a las 100 semanas de vida (Hendrix-Genetics, 2018). Sin embargo, muchas empresas avícolas, debido al costo de los reemplazos de ponedoras y al flujo tecnológico para poder mantener huevos en el mercado, mantienen las aves en producción por más de 100 semanas, con el propósito de lograr la rentabilidad económica en esa etapa productiva. Ante esta situación, es recomendable sustituir parcialmente alimentos importados, como el maíz y la soya, por otros que se encuentren disponibles a bajo precio, con contenido apropiado de proteína, energía y fibra.

A partir de estas condiciones, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de la harina de palmiste en el mejoramiento de la productividad, calidad del huevo y factibilidad económica de gallinas ponedoras viejas (100 a 120 semanas de edad).

Materiales y Métodos

Ubicación experimental. El estudio se llevó a cabo

Pan-American Agricultural School, Zamorano, located 32 km Southeast of Tegucigalpa, in San Antonio de Oriente municipality, Francisco Morazán department, Honduras. This facility is located at an altitude of 800 m a.s.l., with an average annual temperature of 26 °C and precipitation of 1,100 mm per year.

Animals, experimental design and treatments. A total of 240 old 100-week-old laying hens, of Dekalb White[®] genetic line, were used. They were distributed according to a completely randomized design for 20 weeks, with two treatments, four repetitions per treatment and 30 animals per repetition. Treatments consisted on a control diet, and one with the inclusion of 20 % of palm kernel meal. The results of Alvarenga and Amador (2020) were considered to select the inclusion level of palm kernel meal that was used in the experiment.

Palm kernel meal had a chemical composition of 16.11% crude protein, 24.77 % crude fiber, 0.27 % Ca, 0.16 % available P, 0.24 % digestible lysine, 0.32 % digestible methionine + cystine, and 0.26 % digestible threonine, according to analysis in a NIR equipment, AMINONIR[®] brand (Germany),

en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, situada a 32 km al sudeste de Tegucigalpa, en el municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras. La instalación se halla a una altura de 800 m s.n.m., con temperatura promedio anual de 26 °C y precipitación de 1100 mm al año.

Animales, diseño experimental y tratamientos. Se utilizaron un total de 240 gallinas ponedoras viejas, de la línea genética Dekalb White[®], de 100 semanas de edad. Se distribuyeron según un diseño completamente aleatorizado durante 20 semanas, con dos tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento y 30 aves por repetición. Los tratamientos consistieron en una dieta control, y una con la inclusión de 20 % de harina de palmiste. Se consideraron los resultados de Alvarenga y Amador (2020) para seleccionar el nivel de inclusión de la harina de palmiste que se utilizó en el experimento.

La harina de palmiste tenía una composición química con 16.11 % de proteína bruta, 24.77 % de fibra bruta, 0.27 % de Ca, 0.16 % de P disponible, 0.24 % de lisina digestible, 0.32 % de Metionina+cistina digestible y 0.26 % de treonina digestible, según análisis en un equipo

Table 1. Ingredients and nutritional contributions of laying hens (100 to 120 weeks)

Ingredients, %	Control diet, without palm kernel	Diet with palm kernel meal
Corn meal	62.70	37.50
Soybean meal	24.63	21.40
Palm kernel meal	0.00	20.0
Choline chloride	0.05	0.05
African palm oil	0.30	8.55
Mineral and vitamin premix ¹	0.20	0.20
Salt	0.35	0.35
Monocalcium phosphate	1.67	1.70
Fine calcium carbonate	4.30	4.24
Thick calcium carbonate	5.25	5.18
Mycofix plus 5.0 [®]	0.12	0.12
DL-methionine	0.25	0.37
L-lysine	0.10	0.22
L-threonine	0.08	0.12
Proximal composition (%)		
ME, kcal/kg	2700.00	2700.00
Crude protein	17.00	17.00
Crude fiber	2.83	6.21
Neutral detergent fiber	8.19	18.39
Available P	0.49	0.49
Ca	4.20	4.20
Lysine	0.82	0.82
Methionine + Cystine	0.75	0.75
Threonine	0.60	0.60

¹ Mineral and vitamin premix: vitamin A, 1000 IU/kg; vitamin D₃, 2000 IU/kg; vitamin E, 30 IU/kg; vitamin K₃, 2.0 mg/kg; vitamin B₁, 1.0 mg/kg; vitamin B₂, 6.0 mg/kg; vitamin B₆, 3.5 mg/kg; vitamin B₁₂, 18 mg/kg; niacin, 60 mg/kg; pantothenic acid, 10 mg/kg; biotin, 10 mg/kg; folic acid, 0,75 mg/kg; choline, 250 mg/kg; iron, 50 mg/kg; copper, 10 mg/kg; zinc, 70 mg/kg; manganese, 70 mg/kg; selenium, 0,30 mg/kg; iodine, 1.0 mg/kg

with a calibration equation: agPALM07_54058_v6. Diets were formulated according to the nutritional requirements described in the manual of genetic line used (table 1) and a value of 1125 kcal of ME / kg was used for palm kernel meal, as reported by FEDNA (2015).

Experimental conditions. Each repetition consisted of a pen of 5.92 m² (1.6 m wide × 3.7 m long), with 30 hens per pen and a bed of chopped corn rachis, at a rate of 5.07 animals/m². The animals received 110 g/bird/day of feed in hanging cone feeders and the water was offered ad libitum in automatic drinking troughs. An amount of 16 hours of light were provided every day and no therapeutic veterinary care was used during the experimental stage.

Productive performance. To determine egg weight, 50 eggs were collected weekly per each treatment, between 8:30 a.m. and 9:30 a.m. Eggs were weighed on an OHAUS[®] digital technical balance (New Jersey, USA), with a precision of ± 0.1 g. Mortality was determined according to dead birds divided by the animals that started the experiment. Food intake was determined three times a week, according to the offer and reject method. For laying intensity, total production of eggs/week/treatment was considered. One housed egg/day/bird was assumed to be 100 %. Mass conversion was calculated using the formula:

$$MC = \frac{\text{Food intake}}{\text{Number of eggs} \times \text{egg weight}}$$

Egg external and internal quality. At weeks 110 and 120, 50 eggs were collected per each experimental treatment. All eggs were collected at the same time and transferred to the laboratory of the research and teaching center of Zamorano Pan-American Agricultural School. Egg quality was analyzed on the same day of collection using an automatic TSS EggQuality analyzer (York, England) and Eggware v4x program.

Eggshell resistance (middle pole) to rupture was measured with a QC-SPA[®] resistance analyzer (York, England). For shell thickness (middle pole), a QC-SPA[®] micrometer screw (York, England) was used, with ± 0.001 mm precision.

Egg internal quality and albumen height were determined using a QHC[®] height analyzer (York, England), with ± 0.01 mm precision. Haugh units were calculated with the formula $HU = 100 * \log(H + 1.7W^{0.37} + 7.6)$, where HU is Haugh unit, H is albumin height and W is egg weight. Yolk color was evaluated using a CCC[®] electronic colorimeter (York, England), which considers the Roche scale of 15 colors.

Economic feasibility. To determine the cost of food consumed and the cost to produce an egg, the economic-mathematical method with grouping and comparison techniques was used. For the application of this method and its techniques, ingredient cost sheets,

NIR, marca AMINONIR[®] (Alemania), con una ecuación de calibración: agPALM07_54058_v6. Las dietas se formularon según los requerimientos nutricionales descritos en el manual de la línea genética utilizada (tabla 1) y se usó un valor de 1125 kcal de EM/kg para la harina de palmiste, según lo informado por FEDNA (2015).

Condiciones experimentales. Cada repetición estuvo constituida por un corral con dimensiones de 5.92 m² (1.6 m ancho × 3.7 m largo), donde se ubicaron 30 gallinas por corral, con cama de raquis de maíz troceado, a razón de 5.07 aves/m². Las aves recibieron 110 g/ave/día de alimento en comederos tipo tolva y el agua se ofertó ad libitum en bebederos automáticos dual. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se empleó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental.

Comportamiento productivo. Para determinar el peso del huevo se recolectaron semanalmente 50 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 a.m. y 9:30 a.m. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital OHAUS[®] (Nueva Jersey, EE.UU.), con precisión de ± 0.1 g. La mortalidad se determinó teniendo en cuenta las aves muertas entre los animales que iniciaron el experimento. El consumo de alimento se determinó tres veces por semana, según el método de oferta y rechazo. Para la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento. Se asumió un huevo/día/ave alojado como 100 %. La conversión masal se calculó a partir de la fórmula:

$$CM = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Número de huevos} \times \text{peso del huevo}}$$

Calidad externa e interna del huevo. En las semanas 110 y 120 se recolectaron 50 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. La calidad del huevo se analizó el mismo día de la recolección mediante un analizador automático TSS EggQuality (York, Inglaterra) y el programa Eggware v4x.

La resistencia de la cáscara del huevo (polo medio) a la ruptura se midió con un analizador de resistencia QC-SPA[®] (York, Inglaterra). Para el grosor de la cáscara (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA[®] (York, Inglaterra), con precisión de ± 0.001 mm.

La calidad interna del huevo y la altura del albumen se determinaron mediante un analizador de altura QHC[®] (York, Inglaterra), con precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la fórmula $HU = 100 * \log(H + 1.7W^{0.37} + 7.6)$, donde HU es la unidad Haugh, H es la altura de la albúmina y W es el peso del huevo. El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico CCC[®] (York, Inglaterra), que tiene en cuenta la escala de Roche de 15 colores.

Factibilidad económica. Para determinar el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo, se utilizó el método económico-matemático con técnicas de agrupación y comparación. Para la aplicación de este método y de sus técnicas se utilizaron fichas de costos

invoices, reception reports and economic analyzes of the feed factory and the research and teaching center of Zamorano Pan-American Agricultural School were used.

Statistical analysis. Data was analyzed by t-Student test for two independent samples. In addition, yolk color was determined by the non-parametric U-Mann Whitney test. $P < 0.05$ values were taken to indicate significant differences. SPSS 23.0.1.2014 program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for statistical analyzes. In addition, dirty eggs were determined by comparison of proportions, using COMPRAPRO 1.0[®] program (Font *et al.* 2007).

Results and Discussion

Table 2 shows the effect of the inclusion of palm kernel meal (20%) on productivity of old laying hens (100 to 120 weeks). The use of palm kernel meal increased ($P < 0.05$) laying intensity and feed intake and reduced mass conversion and the percentage of dirty eggs. However, live weight, egg weight and mortality (0 % data not shown) did not change due to the effect of experimental treatments ($P > 0.05$).

de los ingredientes, facturas, informes de recepción y análisis económicos de la fábrica de piensos y del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron por la prueba T de Student para dos muestras independientes. Además, el color de la yema se determinó por la prueba no paramétrica U-Mann Whitney. Se tomaron valores de $P < 0.05$ para indicar diferencias significativas. Se utilizó el programa SPSS 23.0.1.2014 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) para los análisis estadísticos. Además, los huevos sucios se determinaron por comparación de proporciones, con la utilización del programa COMPRAPRO 1.0[®] (Font *et al.* 2007).

Resultados y Discusión

La tabla 2 muestra el efecto de la inclusión de la harina de palmiste (20%) en la productividad de gallinas ponedoras viejas (100 a 120 semanas). El empleo de la harina de palmiste incrementó ($P < 0.05$) la intensidad de puesta y el consumo de alimentos y redujo la conversión masal y el porcentaje de huevos sucios. Sin embargo, el peso vivo, peso del huevo y la mortalidad (0 %

Table 2. Effect of the inclusion of palm kernel meal on productivity of old laying hens (100-120 weeks)

Productive indicators	Experimental diets		SE±	P Value
	Control	Palm kernel meal		
Laying intensity, %	66.17	71.36	0.929	0.001
Food intake, g/bird/d	103.12	108.41	0.529	0.001
Egg weight, g	63.74	63.33	0.297	0.334
Mass conversion, kg/kg	2.45	2.40	0.012	0.015
Liveweight, g	1731.15	1732.87	0.582	0.809
Dirty eggs, %	3.73	1.53	0.085	0.001

One of the objectives of this study was to verify whether the use of 20 % palm kernel meal could increase laying intensity by more than 70 %, to justify the rearing of these laying hens at the age of decrepitude. Clearly, the use of this feed by-product promoted laying intensity by 5.19 %, without causing deaths (100 % viability) in laying hens. This confirms the criteria of Sundu *et al.* (2006), who report that this product does not have toxic secondary metabolites that cause mortality. Apparently, this food has chemical benefits, capable of improving intestinal health and increasing the productivity of laying hens.

According to Yusrizal *et al.* (2013), the use of palm kernel meal (30 %) improved the count of *Lactobacillus spp.* and reduced the growth of *Escherichia coli* and cecal pH, which favored the ileal digestibility of protein and the reduction of NH_3 in the excreta of laying hens. According to Rodríguez *et al.* (2018), non-starch polysaccharides in the diet can positively influence on growth of lactic acid bacteria, since many of these indigestible compounds have

datos no mostrados) no cambiaron por el efecto de los tratamientos experimentales ($P > 0.05$).

Uno de los objetivos de este estudio fue comprobar si el empleo de 20 % de harina de palmiste podría incrementar en más del 70 % la intensidad de puesta, para justificar la crianza de estas gallinas ponedoras en edad de decrepitud. Claramente, el uso de este subproducto alimenticio fomentó la intensidad de puesta en 5.19 %, sin provocar muertes (100 % de viabilidad) en las gallinas ponedoras. Esto confirma el criterio de Sundu *et al.* (2006), quienes refieren que este producto no tiene metabolitos secundarios tóxicos que provoquen morbilidad. Al parecer, este alimento posee bondades químicas, capaces de mejorar la salud intestinal e incrementar la productividad de las gallinas ponedoras.

Según Yusrizal *et al.* (2013), el uso de harina de palmiste (30 %) mejoró el conteo de *Lactobacillus spp.* y redujo el crecimiento de la *Escherichia coli* y el pH cecal, lo que favoreció la digestibilidad ileal de la proteína y la reducción del NH_3 en las excretas de gallinas ponedoras. De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2018), los polisacáridos no amiláceos

prebiotic functions. Cadillo *et al.* (2019) stated that palm kernel meal has a high content of β -glucans, and that the use of this raw material (20 to 25 %) in the feeding of birds improves the immune activity and intestinal health of these animals. Khan *et al.* (2020) recommended the use of β -glucans in animals to increase the production of short-chain fatty acids in the ceca, the genetic expression of binding proteins, and immunological homeostasis. It is possible that the use of this by-product (palm kernel meal) in diets of old laying hens had a prebiotic effect, capable of modifying cecal intestinal microflora and benefiting intestinal health. However, other studies are needed to confirm this hypothesis.

Other authors have recommended the use of exogenous enzymes, such as β -glucanases, cellulases, proteases and β -mannanases, when using high levels (> 25 %) of palm kernel meal in diets for layers (Cadillo *et al.* 2019), which are greater than those used (20%) in this study (table 1). Ngouana *et al.* (2020) also reported that the use of palm kernel meal with exogenous enzymes improved digestibility of crude fiber and reduced food viscosity in the digestive tract, which caused greater contributions of energy, proteins, amino acids, phosphorus and calcium in diets destined for birds in full laying peak (Rodríguez *et al.* 2018). Apparently, older layers with lower nutritional requirements, and fed with 20% of palm kernel meal, do not require the use of exogenous enzymes, considering the positive productive results shown in table 2.

Tan *et al.* (2013) found that palm kernel meal has an *in vitro* antimicrobial effect against some pathogenic *Bacillus* species, due to the high content of peptides related to soluble lauric acid. Chen *et al.* (2020) observed that the use of peptides, as functional additives in diets of laying hens, had a positive influence on productivity and diversity of the intestinal microbiota.

Although results are not conclusive, in this experiment, it seems that low molecular weight peptides in palm kernel meal could have contributed to the improvement of egg production, feed intake and mass conversion (table 2).

A possible improvement in intestinal health demands a greater intake of nutrients for egg formation (Martínez *et al.* 2012), as occurred in laying hens fed 20 % palm kernel meal, whose feed intake increased by 5.13 % (table 2). In addition, the highest inclusion of African palm oil in the diet, with the purpose of correcting the metabolizable energy deficit due to partial substitution of corn meal, could favor palatability and the reduction of feed dust. Studies of Samsudin *et al.* (2016) reported an increase of feed intake with greater inclusion of palm oil, when up to 35% of palm kernel meal was used.

Although food intake increased with palm kernel

en la dieta pueden influir positivamente en el crecimiento de bacterias ácido-lácticas, ya que muchos de estos compuestos no digeribles tienen funciones prebióticas. Cadillo *et al.* (2019) afirman que la harina de palmiste tiene un alto contenido de β -glucanos, y que el uso de esta materia prima (20 a 25 %) en la alimentación de las aves mejora la actividad inmune y la salud intestinal de estos animales. Khan *et al.* (2020) recomendaron la utilización de los β -glucanos en las aves para incrementar la producción de ácidos grasos de cadena corta en los ciegos, la expresión genética de las proteínas de unión y la homeostasis inmunológica. Quizá el uso de este subproducto (harina de palmiste) en las dietas de las gallinas ponedoras viejas tuvo un efecto prebiótico, capaz de modificar la microflora intestinal cecal y beneficiar la salud intestinal. No obstante, se necesitan otros estudios para confirmar esta hipótesis.

Otros autores han recomendado el uso de enzimas exógenas, como β -glucanasas, celulasas, proteasas y β -mananasas, cuando utilizan altos niveles (> 25%) de harina de palmiste en las dietas para ponedoras (Cadillo *et al.* 2019), los que resultan mayores al utilizado (20 %) en este estudio (tabla 1). Ngouana *et al.* (2020) también informaron que el empleo de la harina de palmiste con enzimas exógenas mejoró la digestibilidad de fibra cruda y redujo la viscosidad del alimento en el tracto digestivo, lo que provocó mayores aportes de energía, proteínas, aminoácidos, fósforo y calcio en las dietas destinadas a aves en pleno pico de postura (Rodríguez *et al.* 2018). Al parecer, en aves ponedoras viejas con menor exigencia nutricional, y alimentadas con 20 % de harina de palmiste, no se requiere el uso de enzimas exógenas, si se consideran los resultados productivos positivos que se muestran en la tabla 2.

Tan *et al.* (2013) encontraron que la harina de palmiste tiene efecto antimicrobiano *in vitro* contra algunas especies de *Bacillus* patógenas, debido al alto contenido de péptidos relacionado con el ácido láurico soluble. Chen *et al.* (2020) observaron que el uso de péptidos, como aditivos funcionales en las dietas de gallinas ponedoras, influyó positivamente en la productividad y diversidad del microbiota intestinal.

Aunque los resultados no son concluyentes, en este experimento, al parecer, los péptidos de bajo peso molecular en la harina de palmiste pudieron contribuir al mejoramiento de la producción de huevos, consumo de alimento y conversión masal (tabla 2).

Una posible mejora en la salud intestinal demanda mayor ingesta de nutrientes para la formación del huevo (Martínez *et al.* 2012), como ocurrió en las gallinas ponedoras alimentadas con 20 % de harina de palmiste, cuyo consumo de alimento se incrementó en 5.13 % (tabla 2). Además, la mayor inclusión de aceite de palma africana en la dieta, con el propósito de corregir el déficit de energía metabolizable por la sustitución parcial de la harina de maíz, pudo favorecer la palatabilidad y la reducción de polvo del pienso. En estudios de Samsudin *et al.* (2016) se informa aumento en el consumo de

meal, egg weight did not improve (table 2). According to Nuraini *et al.* (2019), balanced intake of proteins, methionine, linoleic acid and minerals such as calcium and phosphorus influenced on egg weight. It should be noted that, in the formulation of isoaminoacidic diets (table 1), digestible amino acids were considered, with emphasis on sulfur, which are the ones that most influence egg weight (Reda *et al.* 2020). In addition, layers had a similar liveweight (table 2), which is another determining factor in this indicator (Valdivié *et al.* 2020). Cuello *et al.* (2017) also indicated that the ingested nutrients favor egg production regarding egg weight, as an instinct to perpetuate the species, as occurred in this experiment. Similar results reported Sundu *et al.* (2006), Cadillo *et al.* (2019) and Alvarenga and Amador (2020), when they used palm kernel meal up to 25 % in diets for laying hens.

Another interesting result is that the diet with palm kernel meal reduced dirty eggs in laying hens (table 2). Although various factors affect these unfit eggs, nutritional factors are considered as defining. It is known that ingredients that increase diet viscosity provoke feces with a pasty texture, which stains the cloaca and dirties the eggs (Cadillo *et al.* 2019). Such effects are associated with feed with high content of non-starch polysaccharides. Apparently, the use of high contents of vegetable oil (8.55 %) in diets with palm kernel meal (table 1) reduced passage speed of digesta and, in turn, the viscosity of food in the gastrointestinal tract, according to Martínez *et al.* (2015). These results are similar to those dictated by the genetic line for 100-week-old laying hens (Hendrix-Genetics 2018). This food ingredient has the nutritional qualities to be used in diets of laying hens up to 120 weeks old.

Table 3 shows the effect of the inclusion of palm kernel meal on the external and internal quality of the egg of laying hens (100 to 120 weeks). At week 110, palm kernel meal significantly increased yolk pigmentation ($P < 0.05$), although the other external and internal quality indicators did not change due to the effect of experimental treatments ($P > 0.05$). Also, in week 120, this alternative food modified rupture resistance, yolk color and shell thickness. No significant differences ($P > 0.05$) were found in egg weight, albumen height and Haugh unit.

The results of albumen height show that the inclusion of 20 % of palm kernel meal with a high crude fiber content (24.77 %) did not probably decrease the absorption of amino acids like lysine, methionine and threonine, essential for the synthesis of protein from the albumen (albumin, ovomucin, ovomucoid, conalbumin and lysozymes), since this portion of the egg is made up of water and proteins (Secci *et al.* 2020). It has been found that a deficiency of methionine and lysine, mainly, reduces albumen

alimentos con mayor inclusión de aceite de palma, cuando se usó hasta 35 % de harina de palmiste.

Aunque el consumo de alimento se incrementó con la harina de palmiste, no mejoró el peso del huevo (tabla 2). Según Nuraini *et al.* (2019), en el peso del huevo influyó el consumo equilibrado de proteínas, metionina, ácido linoleico y minerales como el calcio y fósforo. Se debe destacar que en la formulación de las dietas isoaminoácidas (tabla 1) se consideraron los aminoácidos digestibles, con énfasis en los azufrados, que son los que más influyen en el peso del huevo (Reda *et al.* 2020). Además, las aves tuvieron similar peso vivo (tabla 2), que es otro de los factores determinantes en este indicador (Valdivié *et al.* 2020). Cuello *et al.* (2017) indicaron también que los nutrientes ingeridos favorecen la producción de huevos con respecto al peso del huevo, como un instinto para perpetuar la especie, como ocurrió en este experimento. Resultados similares informaron Sundu *et al.* (2006), Cadillo *et al.* (2019) y Alvarenga y Amador (2020), cuando utilizaron la harina de palmiste hasta 25 % en dietas de gallinas ponedoras.

Otro resultado interesante es que la dieta con harina de palmiste redujo los huevos sucios en las gallinas ponedoras (tabla 2). Aunque diversos factores inciden en estos huevos no aptos, los factores nutricionales se consideran definitorios. Es conocido que los ingredientes que aumentan la viscosidad de la dieta provocan heces con textura pastosa, lo que mancha la cloaca y ensucia los huevos (Cadillo *et al.* 2019). Tales efectos se asocian al pienso con altos contenidos de polisacáridos no amiláceos. Al parecer, el uso de altos contenidos de aceite vegetal (8.55 %) en las dietas con harina de palmiste (tabla 1) redujo la velocidad de pasaje de la digesta y, a su vez, la viscosidad del alimento en el tracto gastrointestinal, según comprobaron Martínez *et al.* (2015). Estos resultados son similares a los que dicta la línea genética para gallinas ponedoras de 100 semanas de vida (Hendrix-Genetics 2018). Este ingrediente alimenticio tiene las cualidades nutricionales para su utilización en las dietas de gallinas ponedoras hasta 120 semanas de vida.

La tabla 3 muestra el efecto de la inclusión de harina de palmiste en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras (100 a 120 semanas). En la semana 110, la harina de palmiste incrementó significativamente la pigmentación de la yema ($P < 0.05$), aunque los otros indicadores de calidad externa e interna no cambiaron por el efecto de los tratamientos experimentales ($P > 0.05$). También, en la semana 120, este alimento alternativo modificó la resistencia a la ruptura, el color de la yema y el grosor de la cáscara. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el peso del huevo, la altura del albumen y la unidad Haugh.

Los resultados de la altura del albumen muestran que la inclusión de 20 % de harina de palmiste con alto contenido de fibra cruda (24.77 %) no disminuyó quizás, la absorción de los aminoácidos lisina, metionina y treonina, indispensables para la síntesis de proteína del albumen (albumina, ovomucina, ovomucoide, conalbúmina y

Table 3. Effect of the inclusion of palm kernel meal on egg quality of old laying hens (100-120 weeks)

Egg quality	Experimental diets		SE±	P value
	Control	Palm kernel meal		
Week 110				
Egg weight, g	61.34	62.14	0.932	0.545
Albumin height, mm	8.34	8.78	0.213	0.178
Haugh unit	90.21	92.22	1.184	0.236
Rupture resistance, kg/cm ²	4377.5	4358.8	5.165	0.100
Shell thickness, mm	0.30	0.27	0.007	0.080
Yolk color	3.00 (0.484)	4.00 (0.802)		<0.001
Week 120				
Egg weight, g	62.25	64.31	1.175	0.224
Albumin height, mm	9.84	10.13	0.344	0.550
Haugh unit	97.65	98.5	1.598	0.710
Rupture resistance, kg/cm ²	3850.75	4272.25	33.948	0.006
Shell thickness, mm	0.32	0.35	0.008	0.004
Yolk color	3.00 (0.500)	4.00 (0.516)		0.007

()= standard deviation

weight and decreases concentration of all free amino acids (Whitehead 1995). These results agree with those obtained by Adrizal *et al.* (2011), who found no significant effect on albumen height when including 15 and 30 % palm kernel meal in diets for laying hens. Alvarenga and Amador (2020) indicated that the inclusion of 10, 15 and 20 % of palm kernel meal, with and without enzymes, did not modify albumen height in the eggs of laying hens. However, Afolabi *et al.* (2012) reported that inclusion levels between 20 and 50% of palm kernel meal decreased albumen height, with respect to reports of these authors in the control diet and the inclusion of 10% of palm kernel meal. Due to the partial substitution of soybean meal (3.23 %) for palm kernel meal, to obtain an isoaminoacidic diet, it is necessary to increase the synthetic amino acids by 0.12, 0.12 and 0.04 % of DL-methionine, L-lysine and L-threonine, respectively.

Haugh unit is a standard method for checking internal quality and egg freshness (Iqbal *et al.* 2017). It is determined by considering egg weight and albumen height. These indicators did not have notable changes ($P > 0.05$) when 20% of palm kernel meal was used in the diet, which did not statistically modify the HU ($P > 0.05$) either. Both experimental treatments showed optimal values of UH (≥ 90) (table 2). Hisasaga *et al.* (2020) stated that values between 90 and 100 of HU indicate eggs of excellent quality. Other studies with palm kernel meal in diets for laying hens did not show changes in this indicator of internal egg quality (Adrizal *et al.* 2011 and Alvarenga and Amador 2020).

Regarding yolk color, the inclusion of 20 % palm kernel meal in the feeding of old laying hens

lisozimas), ya que esta porción del huevo está constituida por agua y proteínas (Secci *et al.* 2020). Se ha comprobado que un déficit de metionina y lisina, principalmente, reduce el peso del albumen y disminuye la concentración de todos los aminoácidos libres (Whitehead 1995). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Adrizal *et al.* (2011), quienes no encontraron efecto significativo en la altura del albumen al incluir 15 y 30 % de harina de palmiste en las dietas de gallinas ponedoras. Alvarenga y Amador (2020) indicaron que la inclusión de 10, 15 y 20 % de harina de palmiste, con enzimas y sin ellas, no modificó la altura del albumen en los huevos de gallinas ponedoras. Sin embargo, Afolabi *et al.* (2012) refirieron que niveles de inclusión entre 20 y 50 % de harina de palmiste disminuyeron la altura del albumen, con respecto a lo registrado por estos autores en la dieta control y la inclusión de 10 % de harina de palmiste. Debido a la sustitución parcial de la harina de soya (3.23 %) por harina de palmiste, para obtener una dieta isoaminoacídica es necesario incrementar los aminoácidos sintéticos en 0.12, 0.12 y 0.04 % de DL-metionina, L-lisina y L-treonina, respectivamente.

La unidad Haugh es un método estándar para comprobar la calidad interna y la frescura del huevo (Iqbal *et al.* 2017). Se determina teniendo en cuenta el peso del huevo y la altura del albumen. Estos indicadores no tuvieron cambios notables ($P > 0.05$) cuando se utilizó 20 % de harina de palmiste en la dieta, lo que tampoco modificó estadísticamente ($P > 0.05$) la HU. Ambos tratamientos experimentales mostraron valores óptimos de HU (≥ 90) (tabla 2). Hisasaga *et al.* (2020) habían enunciado que valores entre 90 y 100 de HU indican huevos de excelente calidad. Otros estudios con harina de palmiste en las dietas para gallinas ponedoras no mostraron cambios en este indicador de calidad interna del

significantly increased ($P < 0.05$) yolk color intensity in both evaluated weeks (110 to 120). Despite the fact that corn meal is rich in zeaxanthins and was partially replaced in 25.2 % (table 1) by palm kernel meal, this did not cause a decrease of yolk color (table 3). On the contrary, the use of high contents of African palm oil, as an energy corrector rich in xanthophylls (Afolabi *et al.* 2012), increased yolk color (1) according to Roche scale. The yellow color of the yolk has been related to xanthophyll content of diets. Thus, the higher the level of palm oil in the diet, the greater the intensity of yellow pigment in yolk, and the higher the yolk color score (Titcomb *et al.* 2019).

Shell quality includes thickness and resistance, and both indicators decrease with the age of birds, due to a decrease of calcium metabolism that causes its lower incorporation in the form of calcite in shell formation (Wistedt *et al.* 2019). This study showed that palm kernel meal, included in 20% in the diet of old laying hens, increased rupture resistance ($P < 0.05$) (week 110 and 120) and shell thickness (week 120), perhaps due to better intestinal health and calcium absorption. Ding *et al.* (2018) found that the greater proliferation of cecal lactic acid bacteria increased the incorporation of calcium in the medullary bone and in the egg shell.

Although palm kernel diets had the highest contributions of crude fiber and neutral detergent fiber with respect to control diet (table 1), this was not enough to cause an adverse effect on shell quality of these birds. According to Savón *et al.* (2007), high contents of fibrous compounds in the diets increase the gastrointestinal transit of digesta, which causes the restriction of the mobility of minerals, including calcium, which did not occur in this experiment with old chickens (100 to 120 weeks), taking into account the values of shell thickness and the resistance to egg rupture (table 3). Other studies showed that dietary use of high levels of palm kernels did not affect shell quality in laying hens (Chong *et al.* 2008 and Onunkwo 2018).

Table 4 shows that the inclusion of 20 % palm kernel meal in diets of old laying hens (100 to 120 weeks) reduced the cost of the finished product by 18.14 % compared to the conventional diet. Although hens increased food intake (table 2) with palm kernel meal, this experimental group reduced the cost of consumed food by 2.87 % and the cost to produce an egg (0.01 USD).

This experiment showed that the inclusion of 20 % palm kernel meal in the feeding of old hens, partially replacing corn and soybean meal, benefited the productive indicators (table 2) and egg quality (table 3) and, in turn, indicated a positive cost-benefit relationship associated to egg production and diet cost. In many Latin American countries, palm kernel meal is available all year round and with an affordable

huevo (Adrizal *et al.* 2011 y Alvarenga y Amador 2020).

Con respecto al color de la yema, la inclusión de 20 % de harina de palmiste en la alimentación de las gallinas ponedoras viejas incrementó significativamente ($P < 0.05$) la intensidad del color de la yema en ambas semanas evaluadas (110 a 120). A pesar de que la harina de maíz es rica en zeaxantinas y se sustituyó de forma parcial en 25.2 % (tabla 1) por harina de palmiste, esto no provocó una disminución del color de la yema (tabla 3). Al contrario, el uso de altos contenidos de aceite de palma africana, como corrector energético rico en xantofilas (Afolabi *et al.* 2012), incrementó el color de la yema (1) según la escala de Roche. El color amarillo de la yema se ha relacionado con el contenido de xantofilas de las dietas. Así, cuanto mayor sea el nivel de aceite de palma en la dieta, mayor será la intensidad del pigmento amarillo de la yema, y mayor la puntuación del color de la yema (Titcomb *et al.* 2019).

La calidad de la cáscara incluye el grosor y la resistencia, y ambos indicadores disminuyen con la edad de las aves, debido a una baja del metabolismo del calcio que provoca su menor incorporación en forma de calcita en la formación de la cáscara (Wistedt *et al.* 2019). Este estudio mostró que la harina de palmiste, incluida en 20 % en la dieta de gallinas ponedoras viejas, incrementó la resistencia a la ruptura ($P < 0.05$) (semana 110 y 120) y el grosor de la cáscara (semana 120), quizás debido a una mejor salud intestinal y absorción del calcio. Ding *et al.* (2018) comprobaron que la mayor proliferación de bacterias ácido-lácticas cecales incrementó la incorporación de calcio en el hueso medular y en la cáscara del huevo.

Aunque las dietas con palmiste tuvieron los mayores aportes de fibra cruda y fibra neutro detergente con respecto a la dieta control (tabla 1), esto no fue suficiente para provocar un efecto adverso en la calidad de la cáscara de estas aves. Según Savón *et al.* (2007), altos contenidos de compuestos fibrosos en las dietas incrementan el tránsito gastrointestinal de la digesta, lo que provoca la restricción de la movilidad de los minerales, entre ellos el calcio, algo que no ocurrió en este experimento con gallinas viejas (100 a 120 semanas), teniendo en cuenta los valores del grosor de la cáscara y la resistencia a la ruptura del huevo (tabla 3). Otros estudios demostraron que el uso dietético de altos niveles de palmiste no afectó la calidad de la cáscara de las gallinas ponedoras (Chong *et al.* 2008 y Onunkwo 2018).

La tabla 4 muestra que la inclusión de 20 % de harina de palmiste en las dietas de gallinas ponedoras viejas (100 a 120 semanas) redujo el costo del producto terminado en 18.14 % comparado con la dieta convencional. Aunque las aves incrementaron el consumo de alimento (tabla 2) con harina de palmiste, este grupo experimental redujo el costo del alimento consumido en 2.87 % y el costo para producir un huevo (0.01 USD).

Este experimento demostró que la inclusión de 20 % de harina de palmiste en la alimentación de las gallinas viejas, en sustitución parcial de la harina de maíz y soya, benefició los indicadores productivos (tabla 2) y la calidad del huevo (tabla 3) y, a su vez, indicó una relación positiva

Table 4. Effect of palm kernel meal on cost benefit relation of the egg of old laying hens (110 to 120 weeks)

Items	Experimental diets		SE±	P value
	Control	Palm kernel meal		
Cost of finished food, USD/t	347.95	294.52		
Cost of consumed food/bird, USD	5.02	4.88	0.014	<0.001
Cost to produce an egg, USD	0.05	0.04	0.0001	<0.001

purchase price (USD 160/t) compared to corn meal (USD 330/t) and imported soybeans (USD 560/t). Therefore, this alternative ingredient is recommended in diets of laying hens to reduce production costs associated with their feeding, which can represent up to 70 % of total production cost (Valdivié *et al.* 2020).

Dairo and Fasuyi (2008) reported that the inclusion of 25 % of palm kernel meal in chicken feed reduced the cost of consumed feed by 7.27 %. Likewise, Onunkwo *et al.* (2018) confirmed that increasing levels of palm kernel meal in laying birds reduced diet costs (8.47 %) and the cost for egg production (1.03 %). Shakila *et al.* (2012) indicated that the inclusion of 15 % palm kernel meal, with and without enzymes, had the best cost-benefit relationship, associated to a lower diet cost.

Also, in other poultry categories, the use of palm kernel meal has shown tangible economic benefits. Botello *et al.* (2020), when using 20% of palm kernel meal in diets for broilers, found a decrease in diet cost of 6.08 %. Furthermore, Ojewola *et al.* (2006) recorded a 6.91 % reduction in diet cost, when they fed breeders with 25 % of palm kernel meal.

These results show that the use of this alternative food promotes economic gains in poultry production, although it will depend on the purchase price of palm kernel meal in different regions, being more feasible in countries that produce African palm oil and palm kernel meal. Internationally, a cost of 0.04 USD to produce an egg is accepted as profitable (Valdivié *et al.* 2016), similar to what was evidenced in the group with palm kernel meal (table 4). The use of this feed ingredient could justify the keeping of laying hens up to 120 weeks old, with good productivity and economic profitability.

Conclusions

The results of this experiment showed that the inclusion of 20 % of palm kernel meal for replacing corn and soybean meal in diets intended for old laying hens (100 to 120 weeks) increased egg production and feed intake and reduced mass conversion and dirty eggs. This ingredient improved yolk pigmentation and egg shell quality. In addition, it represented economic benefits for egg production.

en el costo-beneficio asociado a la producción de huevo y al costo de la dieta. En muchos países latinoamericanos, la harina de palmiste es un subproducto disponible todo el año y con un precio de compra asequible (160 USD/t) comparado con la harina de maíz (330 USD/t) y la soya (560 USD/t) importada. Por tanto, este ingrediente alternativo es recomendable en las dietas de gallinas ponedoras para reducir los costos de producción asociados a su alimentación, lo que puede representar hasta 70 % del costo total de producción (Valdivié *et al.* 2020).

Dairo y Fasuyi (2008) informaron que la inclusión de 25 % de harina de palmiste en la alimentación de gallinas redujo el costo del alimento consumido en 7.27 %. Asimismo, Onunkwo *et al.* (2018) constataron que niveles crecientes de harina de palmiste en aves ponedoras redujeron el costo de la dieta (8.47%) y el costo para la producción de huevos (1.03 %). Shakila *et al.* (2012) indicaron que la inclusión de 15 % de harina de palmiste, con enzimas y sin ellas, tuvo la mejor relación costo-beneficio, asociada a un menor costo de la dieta.

También, en otras categorías avícolas, la utilización de la harina de palmiste ha mostrado beneficios económicos tangibles. Botello *et al.* (2020), al utilizar 20 % de harina de palmiste en las dietas para pollos de ceba, encontraron disminución del costo de la dieta en 6.08 %. Además, Ojewola *et al.* (2006) registraron reducción de 6.91 % en el costo de la dieta, cuando alimentaron reproductores con 25 % de harina de palmiste.

Estos resultados muestran que el uso de este alimento alternativo promueve ganancias económicas en la producción avícola, aunque dependerá del precio de compra de la harina de palmiste en diferentes regiones, siendo más factible en países productores de aceite de palma africana y harina de palmiste. Internacionalmente se acepta como rentable un costo de 0.04 USD para producir un huevo (Valdivié *et al.* 2016), similar a lo que se evidenció en el grupo con harina de palmiste (tabla 4). El uso de este ingrediente alimenticio podría justificar la tenencia de gallinas ponedoras hasta las 120 semanas de vida, con buena productividad y rentabilidad económica.

Conclusiones

Los resultados de este experimento mostraron que la inclusión de 20 % de harina de palmiste en sustitución de la harina de maíz y soya en dietas destinadas a gallinas ponedoras viejas (100 a 120 semanas) incrementó la producción de huevos y el consumo de alimento y redujo la conversión masal y los huevos sucios. Este ingrediente

Conflict of interest

The author declares that there are no conflicts of interests

Author's contribution

Y. Martínez Original idea, conducting the experiment, research design, data analysis, manuscript writing

J. L. Bonilla: Conducting the experiment, data analysis, manuscript writing

M. A. Sevilla: Conducting the experiment, data analysis, manuscript writing

I. Matamoros: Data analysis,

A. Botello: Manuscript writing

M. Valdivié: Data analysis, manuscript writing

mejoró la pigmentación de la yema y la calidad de la cáscara del huevo; además de representar beneficios económicos para la producción de huevos.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses

Contribución de los autores

Y. Martínez: Idea original, conducción del experimento, diseño de la investigación, análisis de datos, escritura del manuscrito

J. L. Bonilla: Conducción del experimento análisis de datos y escritura del manuscrito

M. A. Sevilla: Conducción del experimento, análisis de datos y escritura del manuscrito,

I. Matamoros: Análisis de datos

A. Botello: Escritura del manuscrito

M. Valdivié: Análisis de datos y escritura del manuscrito

References

- Adrizar, A., Yusrizal, Y., Fakhri, S., Haris, W., Ali, E. & Angel, C. R. 2011. "Feeding native laying hens diets containing palm kernel meal with or without enzyme supplementations: 1. Feed conversion ratio and egg production". *Journal of Applied Poultry Research*, 20(1): 40-49, ISSN: 1056-6171, DOI: <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00196>.
- Alvarenga, M.J. & Amador, B.J. 2020. Efecto de niveles de inclusión de la harina de palmiste en la productividad y la calidad del huevo de gallinas ponedoras. Diploma Thesis. Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras.
- Botello, A., Martínez, Y., Cotera, M., Morán, Ch., Ortega, M., Perez, K. & Waititu, S. 2020. "Growth performance, carcass traits and economic response of broiler fed of palm kernel meal (*Elaeis guineensis*)". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(4): 1-2, ISSN: 2079-3480.
- Cadillo, J., Cumpa, M. & Galarza, J. 2019. "Rendimiento productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras alimentadas con torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) enzimas β -glucanasa y xilanasas". *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú*, 30(2): 682-690, ISSN: 1609-9117, DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16079>.
- Chen, X., Zhan, Y., Ma, W., Zhu, Y. & Wang, Z. 2020. "Effects of Antimicrobial peptides on egg production, egg quality and caecal microbiota of hens during the late laying period". *Animal Science Journal*, 91(1): e13387, ISSN: 1740-0929, DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.13387>.
- Chong, C.H., Zulkifli, I. & Blair, R. 2008. "Effects of dietary inclusion of palm kernel cake and palm oil, and enzyme supplementation on performance of laying hens". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21(7): 1053-1058, ISSN: 1011-2367, DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2008.70581>.
- Cuello, J., Benítez, L., Olivera, R., Vázquez, R., Guerra, L.D. & Valdivie, M. 2017. "A Model to Estimate the Laying Curve of White Leghorn Hens in the Last Three Years in the Province of Ciego de Avila, Cuba". *Journal of Animal Production*, 29(2): 42-49, ISSN: 2224-7920, DOI: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/2219>.
- Dairo, F.A.S. & Fasuyi, A.O. 2008. "Evaluation of fermented palm kernel meal and fermented copra meal proteins as substitute for soybean meal protein in laying hens diets". *Journal of Central European Agriculture*, 9(1): 35-44, ISSN: 1332-9049, DOI: <https://jcea.agr.hr/en/issues/article/510>.
- Ding, X.M., Li, D.D., Bai, S.P., Wang, J.P., Zeng, Q.F., Su, Z.W. & Zhang, K.Y. 2018. "Effect of dietary xylooligosaccharides on intestinal characteristics, gut microbiota, cecal short-chain fatty acids, and plasma immune parameters of laying hens". *Poultry Science*, 97(3): 874-881, ISSN: 0032-5791, DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pex372>.
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). 2015. Harina de extracción de palmiste. Available: <http://www.fundacionfedna.org/node/440>.
- Font, P., Noda, A., Aida, C., Torres, C., Verena, T., Herrera, V., Lizazo, D.T., Sarduy, G., Lucia, R., Rodríguez, S., Lourdes, L., Jay, H., Gomez, C. & Sarai, S. 2007. "COMPARPRO: Comparación de Proporciones", Versión: 1.0. Mayabeque, Cuba. Hendrix-Genetics. 2018. Nutrition Management Guide. Available: <https://www.dekalb-poultry.com/en/product/dekalb-white/>.
- Hisasaga, C., Griffin, S.E. & Tarrant, K.J. 2020. "Survey of egg quality in commercially available table eggs". *Poultry Science*, ISSN: 0032-5791, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.049>.
- Iqbal, J., Mukhtar, N., Rehman, Z.U., Hassan-Khan, S., Ahmad, T., Safdar, A., Hussain, R., Umar, S. 2017. "Effects of egg weight on the egg quality, chick quality, and broiler performance at the later stages of production (week 60) in broiler breeders". *Journal of Applied Poultry Research*, 26(2): 183-191, ISSN: 1056-6171, DOI: <https://doi.org/10.3382/japr/pfw061>.
- Khan, S., Moore, R.J., Stanley, D. & Chousalkar, K.K. 2020. "Gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety". *Applied and Environmental Microbiology*, ISSN: 0099-2240, DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00600-20>.
- Mahammad, M., Narendra-Nath, D., Nagaraja-Kumari, K. & Eswara-Rao, B. 2019. "Effect of supplementation of palm kernel meal with and without enzyme on the performance of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*)". *International Journal of Livestock Research*, 9(7): 189-195, ISSN: 2277-1964, DOI: <https://doi.org/10.5455/ijlr.20190305085534>.

- Martínez, Y., Carrión, Y., Rodríguez, R., Valdivié, M., Olmo, C., Betancur, C. & Liu, G. 2015. "Growth performance, organ weights and some blood parameters in replacement laying pullets fed with increasing levels of wheat bran". *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(3): 347-354, ISSN: 1516-635X, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1703347-354>.
- Martínez, Y., Escalona, A., Martínez, O., Olmo, C., Rodríguez, R., Iser, M., Betancur, C., Valdivié, M. & Liu, G. 2012. "The use of *Anacardium occidentale* as nutraceutical in hypoprotein diets for laying hens". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(4): 395-401, ISSN: 2079-3480.
- Nuraini, N., Djulardi, A. & Trisna, A. 2019. "Palm kernel cake fermented with lentinus edodes in the diet of quail". *International Journal of Poultry Science*, 18(8): 387-392, ISSN: 1682-8356, DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2019.387.392>.
- Onunkwo, D.N., Ugwuene, M.C., Eze, J.C.R. & Okpechi, F.C. 2018. "Replacement value of palm kernel meal for maize on growth, egg quality, and economic parameters of local duck hens". *Nigerian Journal of Animal Science*, 20(1): 145-151, ISSN: 1119-4308, DOI: <https://www.ajol.info/index.php/tjas/article/view/166085>.
- Perez, J.F., Gernat, A.G. & Murillo, J.G. 1999. "The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets". *Poultry Science*, 79(1): 77-79, ISSN: 0032-5791, DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/79.1.77>.
- Reda, F.M., Swelum, A.A., Hussein, E.O., Elnesr, S.S., Alhimaidi, A.R. & Alagawany, M. 2020. "Effects of Varying Dietary DL-Methionine Levels on Productive and Reproductive Performance, Egg Quality, and Blood Biochemical Parameters of Quail Breeders". *Animals*, 10(10): 1839, ISSN: 2079-2615, DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10101839>.
- Rodríguez, B., Savón, L., Vázquez, Y., Ruíz, T.E. & Herrera, M. 2018. "Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras". *Livestock Research for Rural Development*, 30(3), ISSN 0121-3784, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd30/3/brod30056.html>.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2018. SAG y productores de Aceite de Palma. Tegucigalpa. Available: <http://sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2018/junio-2018/sag-y-productores-de-palma-aceitera-logran-consensos/?fbclid=IwAR3wzCfzWaiJ6Gd71806qp21L1WUNtvQnWVgwkcVqr6kW8latlETejiRicA>, [Consulted: August 3rd, 2019].
- Samsudin, A.A., Hnedry, N., Khaing, K.T. 2016. "Effects of feeding dietary palm kernel cake on egg production and egg quality of khaki Campbell duck". *Journal of World's Poultry Research*, 6(1): 1-5, ISSN: 2322-455X.
- Savón, L., Scull, I. & Martínez, M. 2007. "Integral foliage meals of three tropical legumes for poultry feeding. Chemical composition, physical properties and phytochemical screening". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 41(1): 359-341, ISSN: 2079-3480.
- Secci, G., Bovera, F., Parisi, G. & Moniello, G. 2020. "Quality of eggs and albumen technological properties as affected by *Hermetia illucens* larvae meal in hens' diet and hen age". *Animals*, 10(1): 81, ISSN: 2079-2615, DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10010081>.
- Shakila, S. & Reddy, P.S. 2012. "The utilization of palm kernel meal in laying hen diet". *Indian Journal of Poultry Science*, 47(1): 79-83, ISSN: 0019-5529.
- Sundu, B., Kumar, A. & Dingle J. 2006. "Palm kernel meal in broiler diets: effect on chicken performance and health". *World's Poultry Science Journal*, 62(2): 316-325, ISSN: 1743-4777, DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS2005100>.
- Tan, Y.N., Ayob, M.K. & Yaacob, W.A.W. 2013. "Purification and characterization of antibacterial peptide-containing compound derived from palm kernel cake". *Food Chemistry*, 136(1): 279-284, ISSN: 0308-8146, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.012>.
- Titcomb, T.J., Kaeppler, M.S., Cook, M.E., Simon, P.W. & Tanumihardjo, S.A. 2019. "Carrot leaves improve color and xanthophyll content of egg yolk in laying hens but are not as effective as commercially available marigold fortificant". *Poultry Science*, 98(10): 5208-5213, ISSN: 0032-5791, DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez257>.
- USDA. 2020. America's Farmers: Resilient Throughout the COVID Pandemic. Available: <https://www.usda.gov/media/blog/2020/09/24/americas-farmers-resilient-throughout-covid-pandemic>.
- Valdivié, M., Martínez, Y., Mesa, O., Botello, A., Hurtado, C.B. & Velázquez, B. 2020. "Review of *Moringa oleifera* as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals". *Animal Feed Science and Technology*, 260, ISSN: 0377-8401, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114338>.
- Valdivié, M., Mesa, O. & Rodríguez, B. 2016. "Utilización de dietas con harina de *Moringa oleifera* (tallos+ hojas) en gallinas ponedoras". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(3): 445-454, ISSN: 2079-3480.
- Whitehead, C.C. 1995. "Plasma Estrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats". *Animal Feed Science Technology*, 53: 91-98, ISSN 0377-8401, DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)02012-O](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)02012-O).
- Wistedt, A., Ridderstråle, Y., Wall, H. & Holm, L. 2019. "Age-related changes in the shell gland and duodenum in relation to shell quality and bone strength in commercial laying hen hybrids". *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61: 14, ISSN 1751-0147, DOI: <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0449-1>.
- Yusrizal, Y., Angel, R., Adrizal, A., Wanto, B.E., Fakhri, S. & Yatno, Y. 2013. "Feeding native laying hens diets containing palm kernel meal with or without enzyme supplementations. 2. Excreta nitrogen, ammonia, and microbial counts". *Journal of Applied Poultry Research*, 22(2): 269-278, ISSN: 1056-677, <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00633>.

Received: February 15, 2021

Accepted: April 4, 2021