

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Efecto de la inclusión de la harina de frijol de descarte en la productividad y
calidad del huevo de gallinas ponedoras

Estudiantes

Isaac Francisco Suazo Moreno

Miguel Alejandro Paz y Miño Segarra

Asesores

Yordan Martinez, D.Sc

Rogel Castillo, M.Sc

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA TREJO RAMOS

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	9
Ubicación Experimental	9
Composición Química del Frijol de Descarte	9
Condiciones Experimentales	11
Comportamiento Productivo	11
Calidad Externa e Interna del Huevo	11
Costo-Beneficio	12
Análisis Estadístico	12
Resultados y Discusión.....	13
Peso del Huevo (g)	15
Altura del Albumen (mm)	16
Unidad Haugh	16
Resistencia a la Ruptura de la Cáscara (kgF).....	16
Grosor de la Cáscara (mm).....	16
Color de Yema	17
Costo de la Dieta	18
Conclusiones	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	22

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Composición química del Phaseolus Vulgaris L. de descarte	9
Cuadro 2 Dietas experimentales para gallinas ponedoras Hy-line White (35-45 semanas).....	10
Cuadro 3 Efecto de la inclusión de Phaseolus Vulgaris L. (Amadeus 77) en la productividad de gallinas ponedoras.	13
Cuadro 4 Efecto del Phaseolus Vulgaris L. (Amadeus 77) de descarte en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras.	17
Cuadro 5 Efecto del Phaseolus Vulgaris L. (Amadeus 77) de descarte el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo de gallinas ponedoras	18

Resumen

La búsqueda de alimentos alternativos para sustituir las materias primas importadas utilizadas en las dietas de las aves ha adquirido mucha relevancia en los últimos años. Los precios y la demanda de las materias primas se han incrementado, así los medianos y pequeños productores deben de encontrar alternativas viables y disponibles para abaratar los costos de producción. El objetivo de este experimento fue evaluar la inclusión de la harina de frijol *Phaseolus Vulgaris* L. (*Amadeus 77*) en el desempeño productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras. Un total de 80 gallinas ponedoras de la línea genética Hy-Line White® se distribuyeron aleatoriamente durante 10 semanas en dos tratamientos, ocho repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en una dieta control y la inclusión de 15% de harina de frijol de descarte. El grupo con la harina de frijol de descarte (15%) mejoró ($P \leq 0.05$) la intensidad de puesta, peso del huevo y conversión masal comparado con la dieta control, aunque aumentó los huevos sucios. Asimismo, este tratamiento (15% de harina de frijol) incrementó ($P \leq 0.05$) el grosor de la cáscara del huevo, aunque disminuyó ($P \leq 0.05$) la pigmentación de la yema de huevo. El consumo de alimento, altura del albumen, unidad Haugh y resistencia a la ruptura cáscara no cambiaron por efecto de los tratamientos ($P > 0.05$). Se recomienda la inclusión de 15% de harina de frijol de descarte para sustituir parcialmente la harina de soya importada en dietas de gallinas ponedoras Hy-Line White®.

Palabras clave: ave ponedora, costo de alimentación, ingrediente alternativo, productividad, producto final.

Abstract

The search for alternative substitutes of the feed ingredients used in animal diets has become very significant in recent years. Prices and demand for raw materials have increased drastically, thus small and medium producers must find viable and available alternatives in their local areas. This experiment evaluated a 15% inclusion level of discarded beanmeal in a diet for laying hens at 35 weeks of age. A total of 80 laying hens of the Hy-Line White® genetic line were randomly distributed for 10 weeks in two treatments with 8 replications per treatment and 5 hens per repetition. The treatments consisted of a control diet and a diet with a 15% inclusion level of discarded red beanmeal. The diet with 15% inclusion had better laying intensity, egg weight and mass conversion compared to the control diet. Also, the diet with 15% inclusion showed a greater thickness of the eggshell, as well as a less intense color of the egg yolk. Regarding feed intake, albumen height, Haugh unit and breaking strength, no significant differences were found ($P > 0.05$). The inclusion of 15% discarded beanmeal is recommended as a partial replacement for soybean meal in diets for Hy-Line White® laying hens.

Key words: alternative ingredient, feed cost, final product, laying hen, productivity.

Introducción

El sector avícola dentro de las áreas de producción animal sigue siendo uno de los más grandes y de mayor crecimiento constante en el mundo. Debido a la versatilidad que tiene el huevo y el pollo de adaptarse a las diferentes culturas del mundo, el consumo de estos productos se ha estandarizado en el mundo. Muchos países en desarrollo están realizando actualizaciones importantes con inversiones en sistemas comerciales intensivos con el fin de satisfacer la demanda de carne y huevos de una población urbana y periurbana en continuo crecimiento (Pym 2013).

Por otro lado, en los últimos años ha incrementado el precio de la harina de maíz y la soya debido a diversos factores, con mayor influencia la alta demanda de concentrado por los productores. Estas dos materias primas continuarán a un precio elevado, con predicción de un aumento en esta década y no hasta inicios de la siguiente década que se estima una reducción en los precios (Williams et al. 2022). Así, es de vital importancia que se realicen más investigaciones con alimentos alternativos en la nutrición avícola, sobre todo para reducir el costo de producción asociado a la alimentación, que representa el 70% (Kleyn R et al. 2021). Se prevé que la brecha existente entre la oferta y la demanda local de estos ingredientes tradicionales aumente en las próximas décadas, por lo cual es necesario investigar nuevas fuentes de alimentos alternativos localmente disponibles en las formulaciones de alimentos para las aves de corral (Ravindran 2013).

En este sentido, el frijol (*Phaseolus vulgaris*) constituye uno de los cultivos de mayor tradición en Centro América, siendo una de las áreas de mayor producción y forma parte de los granos básicos de la región (Beaver et al. 2021). Según CEPAL (2013) la mayor parte de su producción es desarrollada por pequeños productores, siendo un alimento indispensable dentro de la económica circular en las comunidades. También, en la clasificación del frijol como semilla, es común el descarte de las semillas por diferentes motivos no fitopatológicos, sin embargo, su uso en la alimentación animal es muy poco estudiado.

Por su composición química, el frijol de descarte podría ser una alternativa viable para abaratar los costos de producción en las dietas avícolas. Otros estudios, han evaluado el uso del frijol bajo diferentes tratamientos (precocido y remojado) con resultados variables (Sherasia et al. 2017; Okonkwo IF. et al. 2021; Poberezhets y Lotka 2021), sin embargo, pocas investigaciones han evaluado el frijol crudo (sin tratamiento previo) en las dietas de las aves, debido a que esta semilla tiene metabolitos secundarios, que en exceso pueden provocar síntomas relacionados con factores anti nutricionales, tales como inhibidores de tripsina y quimiotripsina (Lamz, Piedra, A. et al. 2021). Las nuevas variedades de frijol desarrolladas en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano tienen una mayor resistencia frente a enfermedades y son más adaptadas a los sistemas de producción de la región, al parecer estos procesos genéticos también pueden modificar la cuantificación de metabolitos secundarios, lo que permite utilizar el frijol de descarte sin tratamiento y en una mayor concentración en la dieta.

El objetivo general:

Evaluar la inclusión dietética de la harina de frijol de descarte en el desempeño productivo y calidad de huevo de gallinas ponedoras Hy-Line White®.

Materiales y Métodos

Ubicación Experimental

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.

Composición Química del Frijol de Descarte

El *Phaseolus Vulgaris* L. (Amadeus 77) de descarte se adquirió en la planta procesadora de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Seguido, se determinó la materia seca, proteína cruda, cenizas, N, Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn y Zn según AOAC 2001.11. (2006) y el P mediante el método de colorimetría con azul de molibdeno. En el Cuadro 1 se observa la composición química del frijol de descarte.

Cuadro 1

Composición química del Phaseolus Vulgaris L. de descarte

Indicadores	Media	DE	CV
Materia seca (%)	90.80	0.624	0.687
Cenizas (%)	6.04	0.236	3.907
Proteína cruda (%)	22.19	0.736	3.316
N (%)	3.55	0.117	3.295
P disponible (%)	0.37	0.005	1.351
K (%)	1.68	0.037	2.202
Ca (%)	0.06	0.006	10.00
Mg (%)	0.13	0.006	4.615
Cu (mg/kg)	8.67	0.577	6.655
Fe (mg/kg)	59.00	0.999	1.693
Mn (mg/kg)	17.67	0.577	3.265
Zn (mg/kg)	40.33	2.081	5.159

Nota. DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Animales, Diseño Experimental y Tratamientos

Un total de 80 gallinas ponedoras Hy-Line White® de 35 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 10 semanas, con dos tratamientos, ocho repeticiones por

tratamiento y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en una dieta control y la inclusión de 15% de frijol de descarte. En el Cuadro 2 se observa la composición de las dietas experimentales.

Cuadro 2

Dietas experimentales para gallinas ponedoras Hy-line White (35-45 semanas)

Ingredientes	Control	15% de frijol de descarte
Harina de maíz amarillo	49.656	38.89
Harina de soya	31.278	26.12
Aceite de palma africana	5.685	6.55
Frijol de descarte	0.00	15.00
Enzimas exógenas	0.05	0.05
Premezcla ¹	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12
Carbonato de calcio grueso	6.70	6.695
Carbonato de calcio fino	3.61	3.605
Biofost	1.73	1.77
Bicarbonato de sodio	0.28	0.28
Sal común	0.23	0.23
DL-metionina	0.251	0.29
L-treonina	0.01	0.00
Costo (USD/t)	533.46	520.15
<i>Aportes nutricionales</i>		
Energía metabolizable (kcal/kg)	2800	2800
Proteína cruda (%)	17.60	17.60
Ca	4.10	4.10
P disponible	0.48	0.48
Lisina digestible	0.85	0.85
Metionina y cistina digestible	0.74	0.74
Treonina digestible	0.60	0.60

Nota. ¹Premezcla de vitaminas y minerales: vitamina A, 1000 UI/kg; Vitamina D3, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K3, 2,0 mg/kg; Vitamina B1, 1,0 mg/kg; Vitamina B2, 6,0 mg/kg; Vitamina B6, 3,5 mg/kg; Vitamina B12, 18 mg/kg; Niacina, 60 mg/kg; Ácido pantoténico, 10 mg/kg; Biotina, 10 mg/kg; Ácido fólico, 0,75 mg/kg; Colina, 250 mg/kg; Hierro, 50 mg/kg; Cobre, 10 mg/kg; Zinc, 70 mg/kg; Manganeseo, 70 mg/kg; Selenio, 0,30 mg/kg; Yodo, 1,0 mg/kg.

Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m², en jaulas de 61 × 36 cm, con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en dos bebederos de niple por jaula y el consumo de alimento se restringió a 110 g/día/ave en comederos lineales. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se utilizó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Para lograr una adaptación adecuada a las nuevas dietas, se utilizó una fase de alimentación pre-experimental de 15 días.

Comportamiento Productivo

Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. Para determinar el peso del huevo, se recolectaron semanalmente 30 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 am y 9:30 am. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital OHAUS® (Nueva Jersey, EE. UU.), con una 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 alimentos, nutrientes y energía metabolizable se determinó dos veces por semana según el método de oferta y rechazo. La conversión masal y los huevos no aptos se calcularon a partir de las fórmulas:

$$CM = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{No. De huevos} \times \text{peso del huevo}} \quad [1]$$

$$\text{Huevos no aptos (HNA)} = \frac{\text{HNA} \times 100}{\text{Huevos aptos}} \quad [2]$$

Calidad Externa e Interna del Huevo

En las semanas 40 y 45, se recolectaron 30 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevo 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 software Eggware v4x. La resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra).

Para el grosor de la cáscara del huevo (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.001 mm. Para la calidad interna del huevo, la altura del albumen se determinó mediante un analizador de altura QHC® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la fórmula:

$$HU = 100 * \log (H + 1.7W^{0.37} + 7.6) \quad [3]$$

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.

Costo-Beneficio

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 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 resultados se expresan como media y $\pm$ EE. Se realizó una prueba de T Student para dos muestras independientes utilizando SPSS 23.1 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Se tomaron valores de $P \leq 0,05$ para indicar diferencias significativas. El color de la yema de huevo se determinó por la prueba de Kruskal-Wallis.

Resultados y Discusión

El Cuadro 3 muestra el efecto de la inclusión de 15% de harina de frijol de descarte en la dieta de gallinas ponedoras Hy-Line White®. Este tratamiento (15% de frijol de descarte) mejoró ($P \leq 0.05$) la intensidad de puesta, peso del huevo y la conversión masal, aunque incrementó ($P \leq 0.05$) los huevos sucios y no indicó cambios para el consumo de alimento ($P > 0.05$).

Cuadro 3

Efecto de la inclusión de Phaseolus Vulgaris L. (Amadeus 77) en la productividad de gallinas ponedoras.

Indicadores	Tratamientos experimentales		EE±	Valor de P
	Control	15% harina de frijol de descarte		
Intensidad de puesta (%)	90.21	93.32	1.189	0.015
Peso del huevo (g)	56.54	60.07	0.331	0.001
Consumo de alimento (g/ave/día)	106.04	106.24	0.334	0.678
Conversión masal (kg/kg)	2.09	2.00	0.016	0.048
Huevos sucios (%)	6.70	9.52	0.805	0.050

Uno de los objetivos en este estudio fue evaluar si la inclusión de 15% de harina de frijol de descarte sin previo tratamiento podría influir en el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line White®. Interesantemente, la inclusión del frijol de descarte promovió la intensidad de puesta y el peso del huevo, siendo similar a lo dictado por el manual de manejo de Hy-Line White® (Hy-line international 2020). Las enzimas pueden favorecer la disponibilidad de los nutrientes de la harina de frijol de descarte, provocando una mayor absorción de estos (Montenegro Z. y Jose G. 2020). Al parecer, el aumento significativo de la intensidad de puesta en 3.11% y del peso del huevo en 3.53 g (Cuadro 3), podría ser mediado por las enzimas exógenas, que a pesar de que fueron agregadas en ambas dietas, puede que, en la dieta de harina de frijol, las enzimas exógenas facilitan la disponibilidad de nutrientes de este componente, los cuales normalmente no son aprovechados, provocando mejores resultados que la dieta control, la cual no contiene harían de frijol de descarte. Las enzimas son biomoléculas de naturaleza proteica que aceleran la velocidad de reacción hasta alcanzar estado

de equilibrio. Además, actúan como catalizadores de reacciones químicas específicas en los seres vivos o sistemas biológicos (Franklin 2011).

Las enzimas varían en especificidad, algunas son altamente específicas de sustrato, mientras que otras se pueden ligar a una amplia gama de sustratos y catalizar (Rodríguez 2016). En la dieta, las enzimas actúan sobre las fibras, lignina, hemicelulosa, carbohidratos, péptidos y proteínas. Jaroni et al. (2000) informaron que el peso del huevo aumentó significativamente con la inclusión de enzimas exógenas a una dieta con base en trigo. Otra investigación indica que la inclusión de proteasa en la dieta basada en maíz y harina de soya con déficit de 4% y 10% en proteína no afectó este parámetro productivo (Quispe 2005). También, los aminoácidos presentes en la harina de frijol de descarte influyen positivamente en la intensidad de puesta y el peso del huevo. El nivel de proteína bruta y el nivel de aminoácidos (principalmente metionina) tienen un importante rol en el tamaño del huevo, siendo diferente a la investigación de Pérez (2013), que no encontraron cambios en el peso de huevo.

Otro de los factores que pudo influir en estos resultados, es la variedad de frijol (Amadeus 77). Indiscutiblemente, el mejoramiento genético juega un papel muy importante, el objetivo principal es obtener una semilla con mejores características, tales como maduración temprana, alto rendimiento, la calidad nutricional del grano y resistencia a insectos y enfermedades (Vargas y Villamil 2012). Así, el mejoramiento genético puede provocar variaciones en la composición química y fitoquímica (Castellón et al. 2003). Estas modificaciones se expresaron probablemente como una reducción en el nivel de antinutrientes (Sunday 2005). Los antinutrientes se definen como sustancias que interfieren con la utilización de uno o más nutrientes por el organismo (Vargas y Villamil 2012). Al parecer, la harina de frijol de descarte mejorado genéticamente (Amadeus 77) puede mejorar el desempeño productivo en las gallinas ponedoras por una posible menor concentración de antinutrientes exógenos, tales como inhibidores de tripsina y quimiotripsina, que normalmente se encuentran en concentraciones de 39 U/g y 22 U/g en la testa respectivamente (Malagón 2001). Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para confirmar esta hipótesis.

Por otro lado, el consumo de alimento no cambió por efecto de las dietas (Cuadro 3). Al parecer, la composición química del frijol de descarte no influyó en este indicador productivo, porque el incremento del consumo voluntario de alimento está relacionado principalmente al aumento de la fibra dietética (Latshaw 2008) y el contenido del componente fibroso del frijol (22.6%) es similar a la harina de soya (21,52%) (González y Yunuen 2002). Así, la conversión masal depende del número de huevos producidos (51%), el consumo de alimento (31%), y el peso del huevo (18%) (Hurnik et al. 1977). Esto indica, que el empleo de 15% de harina de frijol de descarte mejoró la eficiencia productiva de las gallinas ponedoras, demostrado por la menor conversión masal (Cuadro 3) debido a la mejor respuesta en la producción y peso del huevo, sin variación en el consumo de alimento.

Por otra parte, el empleo del frijol de descarte incrementó el porcentaje de huevos sucios, en 2.82% (Cuadro 3). Esto pudo ocurrir debido al tamaño del huevo que en su recorrido por el canal del oviducto arrastra una mayor cantidad de heces contenidas en la cloaca y puede ocasionar pequeñas heridas sangrantes a este nivel (Ortiz Abel et al. 2016).

Peso del Huevo (g)

En el Cuadro 4 se muestra la calidad externa e interna del huevo cuando se utiliza 15% de harina de frijol de descarte sin tratamiento físico. Similar, el promedio por semana, el peso del huevo incrementó en la semana 5 del inicio del estudio, con resultados favorables para la dieta con un 15% de inclusión de harina de frijol de descarte. Sin embargo, en la semana 10 no se identificaron diferencias estadísticas. Según Bouvarel et al. (2011) el peso del huevo disminuye cuando se emplean en la dieta semillas leguminosas como fuentes de proteína, principalmente debido a la alta concentración de taninos que disminuye la absorción de los aminoácidos azufrados, sin embargo, el presente estudio mostró resultados diferentes, al parecer esta variedad (Amadeus 77) tiene una baja concentración de este compuesto polifenólico (taninos). Según las tablas de Hy-line (2020) el peso del huevo para la dieta con frijol de descarte están dentro del rango esperado según las semanas de vida del animal.

Altura del Albumen (mm)

No se presentaron diferencias significativas en cuanto a la altura del albumen en ninguna de las dos calidades de huevo que se realizaron. La altura del albumen es una característica moderadamente heredable según Kumar P et al. (2015). Este resultado demuestra que el frijol incluido hasta 15% en la dieta no influyó en la síntesis de proteínas del huevo, porque una menor disponibilidad de las proteínas tiene una repercusión directa en la altura del albumen (Zelaya et al. 2022).

Unidad Haugh

No se pudieron observar diferencias significativas en las unidades Haugh. Según el ranking proporcionado por la USDA (2000), las unidades Haugh arriba de 72 son un signo de una buena calidad de huevo. Cuanto mayor sea el valor de la unidad Haugh, mejor será la calidad de los huevos, que se clasifican según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Menezes et al. 2012). Así, ambos tratamientos presentan una calidad excelente para su comercialización (Martínez et al. 2021)

Resistencia a la Ruptura de la Cáscara (kgF)

No se encontraron diferencias significativas en cuanto a la resistencia a la ruptura de la cáscara de huevo entre las dos dietas. La resistencia a la ruptura está relacionada con el aporte de calcio en las dietas. El cascarón está compuesto por un 94% carbonato de calcio, en forma de calcita (Abarca 2011). Estos resultados indican que la nutrición mineral (especialmente Ca y P) suplió los requerimientos de estos minerales indispensables para la formación de la cáscara en el útero.

Grosor de la Cáscara (mm)

Se observaron diferencias significativas en el grosor de la cáscara de huevo de ambas dietas. Caso contrario al de Abraham et al. (2018) que no reportaron diferencias significativas al evaluar niveles de inclusión mayores al 20%. Según la literatura, las gallinas ponedoras son más susceptibles a las variaciones en los aportes nutricionales de la dieta (Oliveira et al. 2021), por lo que el grosor de la cáscara del huevo puede variar debido a la composición de la dieta y la cantidad de metabolitos

secundarios que se encuentren en la misma. En este experimento, la dieta con inclusión de frijol de descarte indicó un incremento del grosor de la cáscara, lo que nos puede llevar a pensar que la variedad de frijol que se utilizó en este experimento contiene menos factores anti nutricionales y una mayor concentración de aminoácidos lo cual pudo influir en los resultados, sin embargo para poder confirmar esta hipótesis se tendría que realizar un análisis en laboratorio para indicar la concentración de los factores anti nutricionales disponibles en ambas dietas. El grosor de la cáscara del huevo asegura una mejor resistencia del huevo, lo que incide favorablemente para reducir el número de huevos rotos. La calidad de la cáscara es importante para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad de la producción de huevos (DMS 2018).

Color de Yema

El color de la yema tuvo diferencias significativas entre tratamientos ($P<0.05$), se observó una disminución en las semanas 5 y 10 experimental. Uno de los principales responsables del color de la yema de huevo es el contenido de carotenoides (Maguregui 2020). Indiscutiblemente, la disminución del maíz rico en pigmentos carotenoides (Hernández 2018) en 10.77% en la dieta redujo la intensidad en la coloración de la yema. Una de las estrategias es la utilización de pigmentos naturales o artificiales en las dietas, como el achiote (Martínez Y et al. 2021).

Cuadro 4

Efecto del Phaseolus Vulgaris L. (Amadeus 77) de descarte en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras.

Indicadores	Tratamientos experimentales		EE±	Valor de P
	Control	15% harina de frijol de descarte		
<i>Semana 5</i>				
Peso del huevo (g)	58.65	60.59	0.594	0.023
Altura del albumen (mm)	10.46	10.74	0.158	0.212
Unidad Haugh	101.33	102.67	0.542	0.085
Resistencia a la ruptura de la cáscara (kgF)	5627.16	5607.55	13.095	0.098
Grosor de la cáscara (mm)	0.376	0.448	0.012	0.027
Color de yema	3.00	2.00	0.009	<0.001

Indicadores	Tratamientos experimentales		EE±	Valor de P
	Control	15% harina de frijol de descarte		
Semana 10				
Peso del huevo (g)	58.65	59.09	0.550	0.645
Indicadores	Tratamientos experimentales		EE±	Valor de P
	Control	15% harina de frijol de descarte		
Altura del albumen (mm)	10.48	10.50	0.169	0.909
Unidad Haugh	101.36	102.42	0.572	0.278
Resistencia a la ruptura de la cáscara (kgF)	5627.17	5704.533	20.488	0.580
Grosor de la cáscara (mm)	0.38	0.52	0.004	0.009
Color de yema	2.00	1.00	0.116	<0.001

Costo de la Dieta

Los resultados del análisis costo/beneficio para los tratamientos aplicados mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.50$; Cuadro 5), con resultados favorables económicamente para el tratamiento con 15% de harina de frijol de descarte (Cuadro 5). Es conocido, que la alimentación representa el mayor gasto en la producción avícola, así la mayor producción de huevo y un menor costo genera mayor ganancias económicas, considerando que el alimento representan el 75% del precio final de producción (Castaño 2012).

Cuadro 5

Efecto del Phaseolus Vulgaris L. (Amadeus 77) de descarte el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo de gallinas ponedoras

Indicadores	Tratamientos experimentales		EE±	Valor de P
	Control	15% harina de frijol de descarte		
Costo del alimento consumido (USD)	158.39	154.73	0.895	0.050
Costo para producir un huevo (USD)	0.06	0.05	0.002	0.029

En la industria de huevo, se acepta como rentable un costo de 0.04 USD para producir un huevo (Valdivie et al. 2016), similar al valor obtenido con 15% de inclusión de *Phaseolus Vulgaris L. (Amadeus 77)* de descarte (Cuadro 5). En una investigación, donde se evaluó el efecto de la inclusión del 20% de harina de palmiste (*Elaeis guineensis*) en la puesta, calidad del huevo y factibilidad

económica de gallinas ponedoras viejas, se determinó que un ingrediente alternativo pudo abaratar los costos de la dieta, con una relación costo-beneficio favorable comparado a una dieta con base en maíz y soya (Martínez Y et al. 2021).

Con los resultados obtenidos en este estudio, se confirma que la inclusión de 15% de harina de frijol de descarte tiene un impacto positivo desde el punto de vista económico en la producción de huevo de gallinas ponedoras Hy-Line White. También, aunado que el frijol de descarte no es utilizado para el consumo humano, este tiene un precio de 150 USD/t, contrastado con la harina de maíz (330 USD/t) y la soya (560 USD/t) importada. Por consiguiente, este ingrediente alternativo es admisible en las dietas de gallinas ponedoras importante para reducir los costos de producción debido a la alimentación.

Conclusiones

El frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) de descarte variedad genética Amadeus 77 mejoró la producción, peso y conversión masal de gallinas ponedoras Hy-Line White®, sin embargo, incrementó el porcentaje de huevos sucios.

La inclusión de 15% de harina de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) de descarte incrementó el grosor de la cáscara en la semana 10, aunque disminuyó el color de la yema.

La dieta con 15% de inclusión de harina de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) de descarte redujo el costo para producir un huevo de gallinas ponedoras Hy-Line White comparado con una dieta con maíz y soya.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar 15% de harina de frijol de descarte para abaratar los costos de producción y promover la producción y peso del huevo de las gallinas ponedoras.

Realizar un estudio con diferentes variedades de frijol para validar el efecto de la variedad en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras, además de realizar un análisis químico que demuestre las propiedades de la variedad a investigar.

Se recomienda realizar un análisis fitoquímico al *Phaseolus Vulgaris* L. (Amadeus 77), para conocer los niveles de anti nutrientes que contiene esta variedad en futuras investigaciones.

Referencias

- Abarca L. 2011. Análisis del cascarón del huevo. Industria Avícola: [sin editorial]; [consultado el 27 de jul. de 2022]. <https://www.industriaavicola.net/%20uncategorized/analisis-del-cascaron-del-huevo/>.
- Abraham S, Tadesse T, Ameha N, Eshetu M. 2018. Evaluation of Feeding Different Levels of Red Haricot Bean Screening (*Phaseolus Vulgaris*.L) on Egg Production and Quality Parameters of White Leghorn Hens. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*; [consultado el 27 de jul. de 2022]. 8(2). <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/40653/41808>.
- Beaver JS, Martínez Figueroa H, Godoy Lutz G, Estévez de Jensen C, Porch TG, Rosas JC. 2021. Breeding for resistance and integrated management of web blight in common bean. *Crop Science*. 62:20–35. doi:10.1002/csc2.20658.
- Bouvarel I, Nys Y, Lescoat P. 2011. Hen nutrition for sustained egg quality. En: Nys Y, Bain M, van Immerseel F, editores. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*. Cambridge, UK: [sin editorial] ; [consultado el 27 de jul. de 2022].
- Castaño A. 2012. Reducción de costos en la alimentación de gallinas ponedoras. Antioquia, Colombia: Corporación Universitaria LasallistaL; [consultado el 27 de jul. de 2022]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/252/1/Reduccion_costos_produccion_huevo.pdf.
- Castellón R, Araújo F, Andrade M, Freire F, Grangeiro T, Cavada C. 2003. Composición elemental y caracterización de la fracción lipídica de seis cultivares de caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi*; [consultado el 24 de jul. de 2022]. 7(1):149–153. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ20210229130>.
- [CEPAL] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2013. Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica. México: CEPAL ; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/27171-impactos-potenciales-cambio-climatico-granos-basicos-centroamerica>.
- DMS. 2018. DSM egg quality manual. [sin lugar]; [consultado el 26 de jul. de 2022]. <https://www.dsm.com/anh/news/downloads/e-books-and-magazines/dsm-egg-quality-manual.html>.
- Franklin B. 2011. Las enzimas [Tesis doctoral]. México: Universidad Autónoma de Chiapas; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-chiapas/biochemistry/las-enzimas/7819419>.
- González, Yunuen. 2002. Contenido de fibra cruda y fibra dietética en mezclas del cereal-leguminosa sometidas a germinación y tratamiento térmico. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 26 de jul. de 2022]. <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/4043>.
- Hernández M. 2018. La Pigmentación de Huevos y Pollos de Engorda. México: [sin editorial]; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://bmeditores.mx/avicultura/la-pigmentacion-de-huevos-y-pollos-de-engorda-1254/>.
- Hurnik J, Summers J, Walker J, Szkotnicki W. 1977. Production Traits Influencing the Individual Feed Conversion Ratio. *Poultry Science*. 56(3):912–917. doi:10.3382/ps.0560912.

- Hy-line international. 2020. Guía de manejo. [sin lugar]; [consultado el 26 de jul. de 2022]. <https://www.hyline.com/spanish/literatura/w-36>.
- Jaroni D, Scheideler S, Beck M, Wyatt. 2000. The effect of dietary wheat middlings and enzyme supplementation II: Apparent nutrient digestibility, digestive tract size, gut viscosity, and gut morphology in two strains of leghorn hens. *Poultry Science*; [consultado el 26 de jul. de 2022]. 78(12):1664–1674. doi:10.1093/ps/78.12.1664.
- Kleyn R, Ciacciariello M, Kleyn FJ. 2021. Future demands of the poultry industry: will we meet our commitments sustainably in developed and developing economies? *World's Poultry Science Journal*. 77(2):267–278. doi:10.1080/00439339.2021.1904314.
- Kumar P, Kumar P, Kumar B, Charan N. 2015. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns. *Veterinary World*. 8(4):449–452. doi:10.14202/vetworld.2015.449-452.
- Lamz, Piedra, A., Cázares Chávez Z, Jiménez Galindo JC, Molina Corral FJ, Sepúlveda Ahumada DR, Rios-Velasco C, Olivas Orozco GI. 2021. Cocción tradicional con especias de *Phaseolus vulgaris* L. y su efecto antinutricional e inhibición bacteriana. *Biocencia*. 23(1):62–69. doi:10.18633/biocencia.v23i1.1327.
- Latshaw JD. 2008. Daily Energy Intake of Broiler Chickens is Altered by Proximate Nutrient Content and Form of the Diet. *Poultry Science*. 87(1):89–95. doi:10.3382/ps.2007-00173.
- Maguregui E. 2020. El color de la yema del huevo y los pigmentantes. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-color-de-la-yema-del-huevo-y-los-pigmentantes/>.
- Malagón E. 2001. Calidad nutricional de las preteínas presentes en las cultivariedades de frijol 2518 y 2519 obtenidos mediante el heteroinjerto Bernal [Trabajo de grado]. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55744/PROTECULTIVA.pdf?sequence=1>.
- Martínez, Soliz ND, Bejarano MA, Paz P, Valdivie M, Martínez* Y, Soliz ND. 2021. Effect of storage duration and temperature on daily changes in external and internal egg quality of eggs from Dekalb White® laying hens. *European Poultry Science*; [consultado el 25 de jul. de 2022]. 85. doi:10.1399/eps.2021.329.
- Martínez Y, Orozco CE, Montellano RM, Valdivié M, Parrado CA. 2021. Use of achiote (*Bixa orellana* L.) seed powder as pigment of the egg yolk of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 30(2). doi:10.1016/j.japr.2021.100154.
- Menezes P, Lima E, Medeiros J, Oliveira W, Evencio-Neto J. 2012. Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41(9):2064–2069. doi:10.1590/S1516-35982012000900014.
- Montenegro Z., Jose G. 2020. Efecto de un complejo multienzimático en el desempeño productivo y características de la canal de pollos de engorde [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6795>.

- Okonkwo IF, Nwosu SC, Nwankwo CA, Isaac UC, Okafor EC, Okonkwo JC. 2021. Effect of Processing Method of Kidney Beans (*Phaseolus Vulgaris*) on Carcass Quality, Organ Weight and Organoleptic Properties of Broiler. International Journal of Engineering Research & Scie; [consultado el 25 de jul. de 2022]. 7(9). <https://zenodo.org/record/5535868>.
- Oliveira M, Bonilla C, Olvera G, Villar G, Casarín A. 2021. Factores que afectan la calidad de la cáscara del huevo para consumo humano. [sin lugar]: BMEditores; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://bmeditores.mx/avicultura/factores-que-afectan-la-calidad-de-la-cascara-del-huevo-para-consumo-humano/>.
- Ortiz Abel, Gómez Solimar, Jay Osmany, Brea Odelin. 2016. Inclusión del yogurt artesanal de leche de búfala en el pienso de gallinas ponedoras Isa Brown y su efecto en la producción y calidad del huevo. Revista Ciencia y Agricultura. 14(1):85–93. doi:10.19053/01228420.v14.n1.2017.6091.
- Pérez A. 2013. Influencia de factores nutricionales y de manejo sobre la productividad y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias. World Poultry Science Association-AECA; [consultado el 26 de jul. de 2022]. https://www.researchgate.net/publication/298423494_Influencia_de_factores_nutricionales_y_de_manejo_sobre_la_productividad_y_la_calidad_del_huevo_en_gallinas_ponedoras_rubias.
- Poberezhets JN, Lotka HI. 2021. Productivity of laying hens fed by feed additives. Agricultural Sciences. 12(99):30–34. doi:10.24412/2520-6990-2021-1299-30-34.
- Pym R. 2013. Management and housing of semi-scavenging flocks. En: Food and Agriculture Organization of the United Nations, editor. Poultry development review. [sin lugar]: FAO. p. 41–43 ; [consultado el 24 de jul. de 2022]. https://scholar.cu.edu.eg/wafaaabdelghany/files/book_41.pdf.
- Quispe L. 2005. Evaluación de proteasa (Poultry Grow 250™) en dietas de maíz y harina de soya en ponedoras Leghorn Blanco (H&N Nick Chick). Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5254>.
- Ravindran V. 2013. Poultry feed availability and nutrition in developing countries. En: Food and Agriculture Organization of the United Nations, editor. Poultry development review. [sin lugar]: FAO. p. 60–63 ; [consultado el 24 de jul. de 2022]. https://scholar.cu.edu.eg/wafaaabdelghany/files/book_41.pdf.
- Rodriguez D. 2016. Uso de enzimas: Consideraciones prácticas y su influencia en los costos de producción del alimento en Ecuador. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 24 de jul. de 2022]. https://www.researchgate.net/publication/326679017_USO_DE_ENZIMAS_CONSIDERACIONES_PRACTICAS_Y_SU_INFLUENCIA_EN_LOS_COSTOS_DE_PRODUCCION_DEL_ALIMENTO_EN_ECUADOR.
- Sherasia PL, Garg BR, Bhandari BM. 2017. Pulses and their by-products as animal feed. [sin lugar]: [sin editorial]. ISBN: 978-92-5-109915-5; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://www.fao.org/3/i7779e/i7779e.pdf>.
- Sunday G. 2005. Compositional and nutritional properties of selected newly developed lines of cowpea (*Vigna unguiculata L. Walp*). Journal of Food Composition and Analysis. (18):665–673. <https://pdfslide.net/download/link/compositional-and-nutritional-properties-of-selected-newly-developed-lines>. doi:10.1016/j.jfca.2004.06.007.

- [USDA] United States Department of Agriculture. 2000. Egg-Grading Manual. Washington, DC: Agricultural Marketing Service. Informe no. 75; [consultado el 28 de jul. de 2022]. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Egg%20Grading%20Manual.pdf>.
- Valdivie M, Mesa O, Rodríguez B. 2016. Use of diets with Moringa oleifera (stems + leaves) meals in laying hens Utilización de dietas con harina de Moringa oleifera (tallos + hojas) en gallinas ponedoras. Cuban Journal of Agricultural Science; [consultado el 27 de jul. de 2022]. 50(3). https://www.researchgate.net/publication/343572520_Utilizacion_de_dietas_con_harina_de_Moringa_oleifera_tallos_hojas_en_gallinas_ponedoras.
- Vargas Y, Villamil O. 2012. Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L.) cultivado en el departamento del Tolima. Vitae; [consultado el 24 de jul. de 2022]. 19(1):320–321. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914099>.
- Williams B, Miller M, Dohlman E. 2022. Farm Prices for U.S. Major Field Crops Projected To Decline. USA: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE; [consultado el 24 de jul. de 2022]. <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2022/february/farm-prices-for-u-s-major-field-crops-projected-to-decline/>.
- Zelaya RL, Rios JJ, Paz P, López S, Valdiviá M, Martínez Y. 2022. Effect of the inclusion of L-carnitine on egg quality and productivity of Hy-Line Brown® laying hens. Cuban Journal of Agricultural Science; [consultado el 24 de jul. de 2022]. 56(1):1–10. https://www.researchgate.net/publication/358717015_Effect_of_the_inclusion_of_L-carnitine_on_egg_quality_and_productivity_of_Hy-Line_Brown_R_laying_hens.