

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



**Proyecto Especial de Graduación**  
**Efecto de dietas convencionales y alternativas con omega 3 en la**  
**productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras**

Estudiante

Andrea Lucía Oyuela Zavala

Sarah Lucía Rubio Molina

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Andrea Rubio, Ph.D

Honduras, julio 2023

**Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA MARGARITA MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**CELIA O. TREJO RAMOS**

Directora 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
Animales y Tratamientos .....	9
Condiciones Experimentales.....	10
Desempeño Productivo.....	10
Calidad del Huevo .....	11
Análisis de Costos.....	11
Análisis Estadísticos .....	11
Resultados y Discusión.....	12
Conclusiones .....	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	22

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de las dietas experimentales.....	9
Cuadro 2 Efecto de dietas con omega 3 en la productividad de gallinas ponedoras ISA Brown® (26-36 semanas).....	12
Cuadro 3 Efecto de dietas con omega 3 en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras .....	14
Cuadro 4 Efecto de dietas con omega 3 (convencional y alternativa) en el perfil de ácidos grasos de huevo de gallinas ponedoras .....	16
Cuadro 5 Efecto de dietas con omega 3 en el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo de gallinas ponedoras .....	19

## Resumen

El continuo crecimiento en la industrialización del sector avícola ha incrementado los costos de manufactura de alimento y manejo. Debido a esto, se está en búsqueda de ingredientes proteicos rentables que satisfagan las necesidades nutricionales de las aves. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dietas con ingredientes convencionales e ingredientes alternativos con Omega 3 en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras ISA Brown®. Un total de 200 gallinas ponedoras de 26 semanas de edad, se ubicaron aleatoriamente en cinco tratamientos, con ocho repeticiones y cinco gallinas por repetición. Se utilizó una dieta control, y dietas Omega 3 que sustituyeron parcialmente el maíz y la soya, e implementaron 4% de semilla de lino y chía. La intensidad de postura, el porcentaje de huevos sucios y la conversión masal demostró que las dietas Omega 3-Lino-C y Omega 3-Lino-A presentaron porcentajes mayores a los demás tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). En la calidad externa e interna del huevo, la resistencia a la ruptura y el peso del huevo no cambiaron entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). En los demás parámetros, los tratamientos fluctuaron entre las semanas 5 y 10 ( $P \leq 0.05$ ). La dieta Omega 3-Lino-A demostró ser la opción más eficiente y económica en los costos de producción de huevos y en el consumo de alimento. Se recomienda la utilización de otros niveles de inclusión para evaluar el efecto de niveles crecientes de las semillas de lino y chía para la obtención de una mejor productividad y calidad del huevo.

*Palabras clave:* Ácidos grasos, ingredientes alternativos, niveles de inclusión.

### Abstract

The continuous growth in the industrialization of the poultry sector has increased feed manufacturing and handling costs. Because of this, there is a search for cost-effective protein ingredients that meet the nutritional needs of poultry. The objective of the present study was to evaluate the effect of diets with conventional ingredients and alternative ingredients with Omega 3 on productivity and egg quality of ISA Brown® laying hens. A total of 200 laying hens, 26 weeks old, were randomly placed in five treatments, with eight replicates and five hens per replicate. A control diet was used, and Omega 3 diets that partially substituted corn and soybean and implemented 4% flaxseed and chia seed. Laying intensity, percentage of dirty eggs and mass conversion showed that the Omega 3-Lino-C and Omega 3-Lino-A diets presented higher percentages than the other treatments ( $P \leq 0.05$ ). In external and internal egg quality, breaking strength and egg weight did not change between treatments ( $P > 0.05$ ). For the other parameters, treatments fluctuated between weeks 5 and 10 ( $P \leq 0.05$ ). The Omega 3-Flax-A diet proved to be the most efficient and economical option in egg production costs and feed consumption. The use of other inclusion levels is recommended to evaluate the effect of increasing levels of flax and chia seeds in obtaining better productivity and egg quality.

*Keywords:* Fatty acids, alternative ingredients, inclusion levels.

## Introducción

El sector avícola sigue creciendo e industrializándose en muchas partes del mundo debido al poderoso impulso del crecimiento demográfico, el aumento del poder adquisitivo y los procesos de urbanización (FAO 2023a). Se espera que el sector avícola continúe en crecimiento tan pronto que la demanda de carne y huevos se vea impulsada por la creciente de la población, la urbanización e ingresos (Mottet y Tempio 2017). La avicultura es una actividad económicamente importante, dado que es un rubro que hace un gran aporte al producto interno bruto agropecuario en países centroamericanos (Cerna y Rosero 2015).

El rubro avícola ha venido evolucionando positivamente, lo que le ha permitido consolidarse dentro de la estructura actual de la economía hondureña, contribuyendo así con el 5% del Producto Interno Bruto (PIB) del país. Además, durante el período comprendido entre 1998 y el 2005 el rubro experimento un crecimiento del 8.2% (Ardón 2016). Según el World Bank Group (2022) en su informe de febrero del 2022 del índice mensual de actividad económica, la avicultura hondureña se evidencia un incremento de 0.6% en el primer bimestre de 2022. El informe indicó un aumento positivo en la producción de huevo de acuerdo con la demanda de la población, la industria de los alimentos y generación de empleo.

El huevo es un alimento básico en la dieta humana, esencialmente por su aporte elevado de proteína, que es de alto valor biológico, así como de coste inferior a otras fuentes proteicas (Carbajal 2013). El costo de alimentación es uno de los principales factores de los que depende la industria avícola. A medida que los precios de los alimentos para animales continúan aumentando debido a la presencia de ingredientes importados como el maíz, existe la necesidad de encontrar nuevos ingredientes proteicos rentables que llevan a formular dietas que satisfagan las necesidades nutricionales de los animales en diferentes etapas de desarrollo para maximizar la eficiencia alimenticia.

Se toma en cuenta que, para lograr un rendimiento óptimo, las aves requieren una selección amplia y equilibrada de constante energía, proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, vitaminas y,

lo más importante, agua en su dieta. Las recientes investigaciones en nutrición de aves han concretado varios aspectos importantes; mejor comprensión del metabolismo de los nutrientes y las necesidades nutricionales, determinar la disponibilidad de nutrientes en los ingredientes del alimento y desarrollar dietas económicas que combinen necesidades y suministros nutricionales (FAO 2023b).

La semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) y semilla de lino (*Linum usitatissimum L.*) como fuente de ácidos grasos esenciales en la nutrición humana, los ácidos grasos esenciales son: los ácidos grasos Omega-3 (ácido linolénico y sus derivados de cadena larga) y los ácidos grasos Omega-6, cuyo precursor es el ácido linoleico. La semilla de chía contiene entre un 25 a 40% de aceite, con un 60% de ácido (omega)  $\omega$ -3 alfa linolénico y un 20% de ácido (omega)  $\omega$ -6 linoleico (Mohd Ali N et al. 2012). La semilla de lino contiene un 70% de aceite, con un 55% de ácido (omega)  $\omega$ -3 alfa linolénico (Jiménez et al. 2013). La incorporación de ácidos grasos omega-3 en las yemas de huevo al cambiar la dieta de las gallinas ha tenido más éxito y se ha informado en varios estudios. Este estudio tuvo como objetivos: Evaluar el efecto de dietas alternativas con omega 3 en el desempeño productivo de gallinas ponedoras ISA Brown®; Evaluar el efecto de dietas alternativas con omega 3 en la calidad de los huevos de las gallinas ponedoras, y Determinar si la inclusión de semilla de chía y lino en dietas con ingredientes alternativos para gallinas ponedoras genera viabilidad económica.

## 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.

### Animales y Tratamientos

Un total de 200 gallinas ponedoras ISA Brown de 26-36 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 10 semanas, con cinco tratamientos, ocho repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Las dietas experimentales se muestran en el Cuadro 1.

T1: Dieta control (maíz y soya)

T2: Omega 3-C1: Lino Convencional

T3: Omega 3-A1: Lino Alternativo

T4: Omega 3-C2: Chía Convencional

T5: Omega 3-A2: Chía Alternativo

### Cuadro 1

#### *Ingredientes y aportes nutricionales de las dietas experimentales*

Ingredientes	Control	Omega 3- Lino-C	Omega 3- Lino-A	Omega 3- Chía-C	Omega 3- Chía-A
Maíz amarillo convencional	48.95	47.39	24.55	46.28	23.42
Harina de soya	31.34	29.65	25.00	30.30	25.66
Semilla de lino	0.00	4.00	4.00	0.00	0.00
Semilla de Chía	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00
Harina de coquito	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00
Frijol de descarte	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00
Semolina de arroz	0.00	0.00	15.00	0.00	15.00
Aceite de palma africana	6.48	5.74	8.36	6.24	8.87
Enzimas	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07
Premezcla	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mycosorb A+	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04
Biofost	1.54	1.55	1.43	1.55	1.43
Bicarbonato	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23

Ingredientes	Control	Omega 3- Lino-C	Omega 3- Lino-A	Omega 3- Chía-C	Omega 3- Chía-A
Sal común	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
L-lisina	0.04	0.05	0.06	0.03	0.04
DL-metionina	0.29	0.28	0.30	0.28	0.29
L-treonina	0.04	0.03	0.07	0.03	0.07
Costo USD/t	540.65	577.09	540.16	580.24	543.15
Aportes nutricionales					
EM, kcal/kg	2850.00	2850.00	2850.00	2850.00	2850.00
PC, %	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Ca, %	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11
P disponible, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Lisina, %	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Met+Cyst, %	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Treonina, %	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Valina, %	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Triptófano, %	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

### Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m<sup>2</sup> y en jaulas de 61 x 36 cm, con 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 114 g/ave/día. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se empleó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizó siete días pre-experimental.

### Desempeño Productivo

El peso del huevo se determinó en todas las semanas experimentales. Se recolectaron 30 huevos de cada tratamiento entre las 2:00 pm a 3:00 pm y se pasaron en una balanza técnica digital SARTORIUS modelo BL 1500 con precisión  $\pm 0.1$  g y se calculó el peso promedio. El consumo de alimentos se midió dos veces por semana por el método de oferta y rechazo. Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento y se asumió como 100%, un huevo/día/ave alojada. La conversión masal se calculó teniendo en cuenta el alimento consumido, peso del huevo por repetición y el número de huevos puestos. La viabilidad se computó por la cantidad de aves vivas durante la etapa experimental entre las que se alojaron al inicio del experimento. El porcentaje de los huevos no aptos (cascados, sucios y rotos) se calculó utilizando la fórmula [1]; la conversión masal se calculó utilizando la fórmula [2].

$$\% \text{ Huevos no aptos (sucios)} = \frac{\# \text{ de huevos sucios}}{\text{Huevos totales}} \times 100 \quad [1]$$

$$CA = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{No.de huevos} \times \text{peso del huevo}} \quad [2]$$

### **Calidad del Huevo**

En las semanas 5 y 10, se recolectaron 30 huevos por tratamiento y se determinó la calidad externa e interna del huevo en el laboratorio de calidad del huevo en el Centro de Enseñanza e Investigación Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se utilizó un equipo automático para determinar el peso del huevo, resistencia a la ruptura, altura de la clara densa, unidad Haugh, color de la yema y grosor de la cáscara en el polo medio.

Para el perfil de ácidos grasos se recolectaron huevos frescos de cada tratamiento, se separó la yema de la clara en cada huevo y se homogenizó por tratamiento, utilizando tres repeticiones. Se utilizó la maquina Soxtec CU 8000 para extraer e identificar los compuestos de una mezcla y obtener solo las grasas, las cuales fueron sometidas a una cromatografía de gases con el implemento Agilent 7890.

### **Análisis de Costos**

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 planta de concentrados y de la unidad de aves de la Escuela Agrícola Panamericana.

### **Análisis Estadísticos**

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) de clasificación simple según un diseño totalmente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se empleó la dócima de rangos múltiples de medias de Duncan. Los huevos sucios se determinaron por comparación de proporciones.

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se observa el desempeño productivo de las gallinas ponedoras alimentadas con dietas ricas en Omega-3. La inclusión de semilla de lino con ingredientes convencionales incrementó la intensidad de postura y mejoró la conversión masal con relación a la dieta con semilla de chía con ingredientes convencionales ( $P \leq 0.05$ ). Sin embargo, este tratamiento experimental (Omega 3-Lino-C) provocó el mayor porcentaje de huevos sucios comparado a los otros grupos experimentales ( $P \leq 0.05$ ). Las dietas utilizadas en el experimento no cambiaron el peso del huevo y el consumo de alimento ( $P > 0.05$ ).

### Cuadro 2

*Efecto de dietas con omega 3 en la productividad de gallinas ponedoras ISA Brown® (26-36 semanas)*

Ítems	Tratamientos experimentales					EE±	Valor de P
	Control	Omega 3-Lino-C	Omega 3-Lino-A	Omega 3-Chía-C	Omega3-Chía-A		
Intensidad de puesta (%)	93.94 <sup>ab</sup>	96.04 <sup>a</sup>	92.93 <sup>ab</sup>	89.43 <sup>b</sup>	91.93 <sup>ab</sup>	1.091	0.016
Huevos sucios (%)	2.27 <sup>a</sup>	4.44 <sup>b</sup>	1.91 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	1.86 <sup>a</sup>	0.096	0.034
Peso del huevo (g)	60.29	60.81	59.84	60.26	60.70	0.315	0.200
Consumo de alimento (g/ave/día)	113.99	113.98	113.99	113.99	113.98	0.008	0.816
Conversión masal	2.01 <sup>ab</sup>	1.95 <sup>a</sup>	2.05 <sup>ab</sup>	2.12 <sup>b</sup>	2.04 <sup>ab</sup>	0.035	0.001

*Nota.* <sup>a,b</sup>Medias con letras diferentes entre fila difieren a  $P \leq 0.05$ . C: convencional; A: alternativo

Considerando los resultados de la intensidad de postura, Betancourt y Díaz (2009), establecieron que la inclusión de 15% de semilla de linaza no afectó la producción de huevos, similares resultados fueron encontrados en este experimento (Cuadro 2). En este sentido, el nivel más elevado para el porcentaje de intensidad de postura correspondió para las dietas con Omega 3-Lino-C, donde se utilizó un 47.3% de maíz y un 4% de semilla de lino. Caso contrario, los niveles más bajos en la intensidad de postura se encontraron en la dieta con semilla de chía, Omega 3-Chía-C. Únicamente las dietas Omega 3-Lino-C y Omega 3-Chía-C demostraron discrepancias significativas. Por su parte Ayerza y Coates (2002) encontraron que la inclusión de semilla chía tiene un efecto negativo en la producción de huevos de gallinas ponedoras, según estos autores esta semilla oleaginososa posee algunos factores

anti-nutricionales y una alta concentración de fibra cruda, lo que altas concentraciones puede deprimir el desempeño productivo de los animales.

Asimismo, la dieta Omega 3-Lino-C provocó una mayor eficiencia productiva en las gallinas en comparación a la dieta Omega 3-Chía-C. En un estudio realizado por Tello y Guerrero (2007) estos encontraron que las gallinas alimentadas con 10% de semilla de lino no indicaron diferencias significativas entre tratamientos, además, a diferencia del presente estudio, una mayor inclusión de este producto alimenticio (15 y 20%) redujo la productividad en las gallinas ponedoras.

Por otro lado, de acuerdo con García M et al. (2016) dietas ricas en lípidos no cambiaron el porcentaje de huevos sucios, contrario a lo observado en este experimento, donde una mayor producción de huevo provocó una mayor aparición de heces fecales impregnadas en la cáscara del huevo. Asimismo, las gallinas tuvieron similar consumo de alimento y peso del huevo, según Ayerza y Coates (2002) al comparar líneas genéticas (blancas y marrones) alimentadas con alimentos ricos en omega, se obtuvieron huevos más pesados en las gallinas marrones.

En el Cuadro 3 se observa la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras alimentadas con dietas ricas en Omega-3. En la semana 5, el peso del huevo, altura de albumen, unidad Haugh y resistencia a la ruptura no cambiaron entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ). La inclusión de semilla de chía e ingredientes alternativos incrementó ( $P \leq 0.05$ ) el grosor de la cáscara del huevo y el color de la yema. En la semana 10, las dietas con semilla de chía redujeron la altura del albumen, lo que influyó ( $P \leq 0.05$ ) en las unidades Haugh comparado a los otros tratamientos experimentales, sin embargo, estas dietas con semilla de chía incrementaron ( $P \leq 0.05$ ) el grosor de la cáscara del huevo, aunque la dieta Omega 3-Chía-A redujo ( $P \leq 0.05$ ) el color de la yema de huevo.

**Cuadro 3**

*Efecto de dietas con omega 3 en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras*

Ítems	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P	
	Control	Omega 3- Lino-C	Omega 3- Lino-A	Omega 3- Chía-C			Omega 3- Chía-A
<b>Semana 5</b>							
PH (g)	60.81	61.25	60.18	61.43	61.07	0.840	0.851
AA (mm)	10.41	10.45	10.29	10.96	11.28	0.338	0.185
UH	99.93	100.02	99.72	102.51	104.00	1.478	0.156
RR (kg F)	5947.17	5985.50	5961.07	5908.13	5700.63	31.946	0.465
GC (mm)	0.38 <sup>b</sup>	0.40 <sup>ab</sup>	0.40 <sup>ab</sup>	0.40 <sup>ab</sup>	0.46 <sup>a</sup>	0.009	0.001
CY	3 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	4 <sup>a</sup>	0.126	0.001
<b>Semana 10</b>							
PH (g)	60.90	60.37	60.81	60.41	61.20	0.714	0.089
AA (mm)	10.68 <sup>a</sup>	9.98 <sup>a</sup>	10.11 <sup>a</sup>	8.48 <sup>b</sup>	8.43 <sup>b</sup>	0.324	0.001
UH	101.17 <sup>a</sup>	97.92 <sup>a</sup>	98.84 <sup>a</sup>	91.49 <sup>b</sup>	89.88 <sup>b</sup>	1.602	0.001
RR (kg F)	5668.73	5648.63	5660	5602.43	5680.13	24.432	0.065
GC (mm)	0.38 <sup>c</sup>	0.35 <sup>c</sup>	0.37 <sup>c</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.010	0.001
CY	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>	0.112	0.001

*Nota.* <sup>a,b,c</sup>Medias con letras diferentes entre fila difieren a  $P \leq 0.05$ . PH: peso del huevo; AA: altura del albumen; UH: unidad Haugh; RR: resistencia a la ruptura; GC: grosor de la cáscara; CY: color de la yema. C: convencional; A: alternativa

En previos estudios se ha indicado que la inclusión de semilla de lino, como fuente de Omega-3 no afecta la calidad de la cáscara del huevo de gallinas ponedoras. En este sentido, Bean L. (2003) demostraron que la línea ISA Brown<sup>®</sup> utilizada en este estudio, tiene huevos con mayor grosor de la cáscara que la línea genética Shaver. El INEN (2013) indica, sobre las características físicas del huevo comercial de gallina, que el espesor de la cáscara debe ser como mínimo 0.28 mm y como máximo 0.37 mm. Sin embargo, todas las dietas experimentales demostraron valores más elevados, y oscilaron entre 0.38 mm, 0.40 mm y 0.46 mm, y según Quintana (2011) los huevos deben soportar el manejo, por lo que huevos con mayor grosor de cáscara tendrán mayor durabilidad en el anaquel.

El color de la yema presentó diferencias ( $P \leq 0.05$ ), no obstante, el promedio de calificación de los cuatro tratamientos fue inferior para el color de la yema calificado normal según la escala roche. Esto difiere del estudio realizado por Aguillón (2016) donde demuestra que, respecto al color de la yema, la semilla de lino en las dietas no indicó cambios notables para este parámetro, sin embargo, presentaron colores más intensos de yema. Según Jaramillo (2018) esto puede sugerir una mayor presencia de pigmentos beneficiosos como la luteína para la función visual.

En la semana 10, la altura del albumen y UH indicaron variaciones estadísticas ( $P \leq 0.05$ ). Sin embargo, las dietas con inclusión de semilla de lino no difieren a la dieta control. Estos resultados concuerdan con Bean L. (2003) quienes indicaron que la inclusión de semillas de lino no afectó la altura del albumen, aunque si demostraron que la misma fue más baja para gallinas ISA Brown en comparación a las Shaver White. Para el presente experimento, la disminución de la altura de albumen entre las semanas 5 y 10, puede ser explicada por García M et al. (2016) quienes indicaron que la edad del ave es el factor más importante que afecta la calidad del albumen de los huevos, donde a medida que el ave envejece, las medidas UH se ven disminuidas.

Esto se ve reflejado solamente en las dietas alternativas con omega 3, la dieta control demuestra lo contrario. Así, los valores de unidades Haugh son considerados aceptables, y coinciden con Oliveira (2008) quien utilizando aceite de linaza obtuvo niveles de hasta 98.68 UH, este autor afirma que los huevos de gallinas más jóvenes tienen valores UH más altos en comparación a huevos de gallinas más viejas, independientemente de la dieta. Esto se debe a que las gallinas jóvenes son más eficientes en la deposición de proteínas de albuminas y los puentes de disulfuro que unen las proteínas entre ellas Oliveira (2008). Respecto al peso del huevo y a la resistencia a la ruptura, fue observado que la inclusión de semillas de lino en la dieta no afectó estos parámetros comparados con el tratamiento control.

En el Cuadro 4 se observa la composición lipídica de la yema de huevo. Concentraciones mayores se encontraron para el ácido palmítico ( $C_{16:0}$ ), oleico ( $C_{18:1}$ ) y linoleico ( $C_{18:2}$ ) en la dieta con semilla de chía e ingredientes convencionales en comparación al control. El ácido linolénico ( $C_{18:3}$ ), se mostró en altas concentraciones en la dieta con inclusión de semilla de lino e ingredientes convencionales, mostrando discrepancia estadística en relación con la dieta control y Omega 3-Chía-C. Además, el ácido esteárico ( $C_{18:0}$ ), mostró diferencias significativas en la misma dieta (Omega 3-Chía-C), en comparación a la dieta con inclusión de semilla de chía e ingredientes alternativos. Incrementaron las sumatorias de las grasas monoinsaturadas, poliinsaturadas, y de la relación omega 6: omega 3, y disminuyeron las grasas saturadas totales.

**Cuadro 4**

*Efecto de dietas con omega 3 (convencional y alternativa) en el perfil de ácidos grasos de huevo de gallinas ponedoras*

Ítems	Tratamientos experimentales					EE±	Valor de P
	Control	Omega 3- Lino-C	Omega 3- Lino-A	Omega 3- Chia-C	Omega 3- Chia-A		
C4:0	26.51 <sup>a</sup>	19.09 <sup>ab</sup>	4.48 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	8.89 <sup>bc</sup>	3.777	0.003
C14:0	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.41 <sup>a</sup>	0.045	0.001
C16:0	16.34 <sup>b</sup>	20.52 <sup>b</sup>	24.00 <sup>ab</sup>	30.86 <sup>a</sup>	22.28 <sup>ab</sup>	3.050	0.050
C17:0	1.32 <sup>b</sup>	1.49 <sup>b</sup>	1.30 <sup>b</sup>	2.67 <sup>a</sup>	1.09 <sup>b</sup>	0.265	0.012
C18:0	5.64 <sup>ab</sup>	5.25 <sup>ab</sup>	4.71 <sup>ab</sup>	6.28 <sup>a</sup>	3.92 <sup>b</sup>	0.654	0.018
C16:1	0.00 <sup>c</sup>	0.50 <sup>b</sup>	0.68 <sup>ab</sup>	0.87 <sup>a</sup>	0.67 <sup>ab</sup>	0.081	0.001
C18:1	38.14 <sup>b</sup>	49.89 <sup>ab</sup>	50.45 <sup>ab</sup>	64.58 <sup>a</sup>	47.45 <sup>ab</sup>	6.439	0.015
C18:2 6	7.784 <sup>c</sup>	9.89 <sup>bc</sup>	12.80 <sup>ab</sup>	15.96 <sup>a</sup>	14.26 <sup>ab</sup>	1.559	0.021
C18:3 3	0.00 <sup>c</sup>	1.28 <sup>a</sup>	1.05 <sup>ab</sup>	0.83 <sup>b</sup>	1.00 <sup>ab</sup>	0.123	0.001
C20:4	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.081	0.001
C22:6	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.64 <sup>a</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.043	0.001
AGS	49.85 <sup>a</sup>	46.35 <sup>a</sup>	34.89 <sup>b</sup>	40.26 <sup>ab</sup>	36.61 <sup>b</sup>	5.340	0.029
AGMI	38.15	50.39	51.13	65.42	48.12	6.504	0.136
AGPI	7.47 <sup>c</sup>	11.18 <sup>bc</sup>	13.85 <sup>ab</sup>	18.16 <sup>a</sup>	16.49 <sup>ab</sup>	1.640	0.007
Omega 6	7.47 <sup>c</sup>	9.90 <sup>bc</sup>	12.80 <sup>ab</sup>	16.69 <sup>a</sup>	14.99 <sup>ab</sup>	1.629	0.015
Omega 3	0.00 <sup>c</sup>	1.28 <sup>ab</sup>	1.05 <sup>b</sup>	1.47 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>	0.120	0.013
AGS/AGPI	6.61 <sup>a</sup>	4.14 <sup>b</sup>	2.53 <sup>c</sup>	2.22 <sup>c</sup>	2.22 <sup>c</sup>	0.211	0.001
Omega 6/omega 3	7.47	8.35	12.70	11.29	10.07	1.328	0.136

Nota. <sup>a,b,c</sup>Medias con letras diferentes entre fila difieren a  $P \leq 0.05$ . C: convencional; A: alternativo.

El ácido palmítico (C<sub>16:0</sub>) mostró ser el ácido graso saturado con los niveles más altos, seguido por el ácido esteárico (C<sub>18:0</sub>), específicamente en la dieta Omega 3-Chía-C. Contrario a lo obtenido por Cherian y Quezada (2016), quienes evaluaron el efecto de la inclusión de 10% de semilla de lino sobre la composición de ácidos grasos del huevo, y pese a que encontraron los ácidos palmítico (C<sub>16:0</sub>) y esteárico (C<sub>18:0</sub>) en mayores proporciones, los tratamientos dietéticos no tuvieron efecto sobre los ácidos grasos saturados totales. Según Antruejo (2016), en las aves, los ácidos grasos mirístico (C<sub>14:0</sub>) y palmítico (C<sub>16:0</sub>) se encuentran en menor proporción que en los mamíferos, mientras que el n-9 y n-6 aumentan proporcionalmente. Para el presente estudio, debido a los ingredientes alternativos implementados en las dietas experimentales fue posible disminuir las cantidades de los ácidos saturados totales.

En los ácidos grasos monoinsaturados, es importante destacar al ácido graso oleico (C<sub>18:1</sub>), ya que es cuantitativamente el componente más abundante de lípido en la yema de los huevos, y,

además, es vital para el éxito de la embriogénesis ya que su reducción puede perjudicar el desarrollo de las aves Meester y Watson (2008). Con la implementación de las semillas de lino y chía, el ácido oleico ( $C_{18:1}$ ) incrementó en comparación a la dieta control, sin embargo, se demostraron discrepancias significativas a la dieta control específicamente para la dieta Omega 3-Chía-C. Esto se opone a los resultados de Ayerza y Coates (2000), donde los ácidos oleico ( $C_{18:1}$ ) y palmitoleico ( $C_{16:1}$ ) disminuyeron a medida que aumentaba el porcentaje de inclusión de la semilla de chía de 7, 14, 21 y 28%. De igual forma, Cherian y Sim (1991) encontraron concentraciones notablemente menores del ácido oleico ( $C_{18:1}$ ) al utilizar semilla de lino en un 8% y 16%. Este mismo estudio determinó que la relación omega 6: omega 3 podría ser un factor determinante para la generación de mayores niveles de ácido oleico.

El ácido linoleico ( $C_{18:2}$ ) encontrado en el presente estudio aumentó para cada tratamiento experimental, no obstante, los niveles fueron más altos para la dieta Omega 3-Chia-C, donde se utilizó un 4% de semilla de chía. Estos resultados coinciden con Ayerza y Coates (2000), quienes demostraron la tendencia de un incremento en el ácido graso poliinsaturado linoleico con niveles específicamente de 28% de semilla de chía. Además, Meester y Watson (2008), concluyen que a medida que se incrementa la inclusión de la semilla de chía, se disminuye la relación omega 6: omega 3, factor que puede llegar a afectar una buena salud y desarrollo.

Las dietas Omega 3-Lino-C y Omega 3-Lino-A presentaron la mayor cantidad de ácido linolénico en comparación a la dieta control, las cuales incluyeron un 4% de semilla de lino. Similar a los resultados establecidos por Basmacioglu et al. (2004), donde las dietas con lino obtuvieron los niveles más altos del ácido linolénico. Además, concluyeron que el incremento de los ácidos grasos con omega 3 y el decremento en el omega 6 causan a su vez la disminución de la relación omega 6: omega 3, esto contrario a lo demostrado en el presente estudio. Un desbalance en la relación omega 6 : omega 3 es un factor de riesgo mayor para muchas enfermedades, esto debido a la competencia que tienen por las mismas enzimas, sin embargo, tienen diferentes roles biológicos, lo que hace que el balance de ellos sea de considerable importancia (Antruejo 2016).

Se observa que la concentración total de ácidos grasos saturados disminuye significativamente con respecto a la dieta control cuando se implementa la semilla de lino en la dieta Omega 3-Lino-A. Para los ácidos grasos monoinsaturados se demuestra un incremento en las dietas con lino superando la dieta control, por valores mucho más altos de la misma, pero sin diferencias significativas. Los resultados para los ácidos grasos poliinsaturados muestran un aumento significativo en su concentración al implementar ingredientes alternativos (Omega 3-Lino-A). Estos resultados son similares a los encontrados con Garcia y Gélvez (2015), donde en un estudio anterior indican específicamente que la inclusión de semilla de lino del 5% y 10% en la dieta de las aves promueve la disminución de ácidos grasos saturados y el aumento de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados en la yema del huevo, lo cual es benéfico para la salud del consumidor pues contribuye a mejorar la calidad de la ingesta total de grasa diaria.

La dieta Omega-3-Chía-A demostró significativamente que los ácidos grasos saturados fueron más bajos que en la dieta control, esto concuerda con el estudio de Ayerza y Coates (1998) donde los niveles de ácidos grasos saturados disminuyeron en la dieta con semilla de chía a partir de la segunda semana del experimento. El contenido de ácidos grasos poliinsaturados también concuerda con este estudio Ayerza y Coates (1998), donde en los huevos producidos de las gallinas alimentadas con un 30% de semilla de chía, estos incrementaron con respecto a los demás tratamientos.

En el Cuadro 5 se obtuvieron los costos para cada tratamiento experimental utilizado en el experimento. Se evaluaron los costos del alimento consumido (CAC), y los costos para producir un huevo (CH), donde la dieta Omega 3-Chía-A demostró los costos más elevados en comparación al efecto de los costos en los demás tratamientos, mientras que la dieta Omega 3-Lino-A demostró los menores y mejores costos.

**Cuadro 5**

*Efecto de dietas con omega 3 en el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo de gallinas ponedoras*

Ítems	Tratamientos experimentales				
	Control	Omega 3-Lino-C	Omega 3-Lino-A	Omega 3-Chia-C	Omega 3-Chia-A
CAC (USD)	172.56	181.24	169.47	185.20	173.34
CH (USD)	0.066	0.067	0.065	0.074	0.067

*Nota.* C: convencional; A: alternativo; CAC: costo del alimento consumido, CH: costo para producir un huevo

El incremento en los costos al incluir la semilla de lino en el presente experimento corresponden a lo encontrado por Tello y Guerrero (2007), quienes demostraron que, para dietas con inclusión del 10, 15 y 20% de semilla de lino hay una proporción directa en el aumento de los costos, en un 18.1, 25.5 y 35.2%. A excepción de esto, la dieta Omega 3-Lino-A, designada la más eficiente debido a su disminución de costos con respecto a la dieta control, y a su aporte significativo de omega 3 en los huevos de las gallinas ponedoras. Este efecto podría ser explicado por los ingredientes alternativos utilizados en misma dieta, los cuales fueron: harina de coquito; frijol de descarte; y semolina de arroz, además de ser los que la difieren de la dieta Omega 3-Lino-C, y con la cual comparten la inclusión del 4% de semilla de lino.

Además, Jaramillo (2018), en un análisis de costos determinó que es económicamente viable incluir la semilla de lino en un 10%, sin embargo, esto específicamente en producciones bajo pastoreo, y con un sobre costo factible para el consumidor y productor dado el valor agregado y el beneficio nutricional que aporta.

### **Conclusiones**

Las dietas con Omega 3 mantuvieron la productividad de las gallinas ponedoras ISA Brown®, aunque incrementaron el porcentaje de huevos sucios en la dieta con semilla de lino e ingredientes convencionales.

Las semillas de oleaginosas enriquecieron los huevos con Omega 3 y modificaron el grosor de la cáscara, el color de la yema de huevo, la altura del albumen y las unidades Haugh.

La dieta alternativa con semilla de lino indicó los resultados económicos más favorables.

### **Recomendaciones**

Utilizar dietas alternativas con semillas oleaginosas para enriquecer el huevo con Omega 3 con mayor eficiencia económica.

Evaluar otras formulaciones dietéticas con Omega 3 en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras

Realizar otras investigaciones para evaluar el perfil lipídico sérico y del huevo de gallinas ponedoras alimentadas con dietas ricas en ácidos grasos esenciales.

## Referencias

- Aguillón Y. 2016. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros productivos y de calidad de huevo de gallina ponedora. [Pregrado]. Colombia: Universidad de Cundinamarca. 66 p; [consultado el 23 de may. de 2023]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/424/EFFECTO%20DE%20%20C3%81CIDOS%20GRASOS%20POLIINSATURADOS%20OMEGA%203%20Y%20OMEGA%206%20SOBRE%20PAR%20%20C3%81METROS.pdf?sequence=1>.
- Antruejo A. 2016. Obtención de huevos de gallinas para consumo de calidad diferenciada, incrementando la proporción de ácidos grasos omega-3 y reduciendo el contenido de colesterol. [Doctoral]. Argentina: Universidad Nacional de Rosario. 192 p; [consultado el 8 de jun. de 2023]. <https://rehip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/11251/Antruejo%20-%20Obtenci%C3%B3n%20de%20huevos%20de%20gallinas%20para%20consumo%20de%20calidad%20diferenciada%20incrementando%20la%20proporci%C3%B3n%20de%20%20%C3%A1cidos%20grasos%20omega-3%20y%20reduciendo%20el%20contenido%20de%20colesterol.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Ardón G. 2016. Empresas líderes en la industria avícola hondureña. [sin lugar]: [sin editorial]. 27 p. ; [consultado el 28 de may. de 2023]. <https://es.scribd.com/document/312270654/Empresas-Lideres-en-La-Industria-Avicola-Hondurena>.
- Ayerza R, Coates W. 1998. An  $\omega$ -3 fatty acid enriched chia diet: Influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. *Canadian Journal of Animal Science*; [consultado el 8 de jun. de 2023]. <https://cdnsiencepub.com/doi/10.4141/A98-048>.
- Ayerza R, Coates W. 2000. Dietary levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poultry Science*; [consultado el 8 de jun. de 2023]. 79(5):724–739. eng. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119415368>. doi:10.1093/ps/79.5.724.
- Ayerza R, Coates W. 2002. Dietary levels of chia: influence on hen weight, egg production and sensory quality, for two strains of hens. *British Poultry Science*; [consultado el 8 de jun. de 2023]. 43(2):283–290. eng. doi:10.1080/00071660120121517.
- Basmacioglu H, Cabukm M, Unal K, Ozkan K, Akkan K, Yalcin H. 2004. Effects of dietary fish oil and flax seed on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk and blood parameters of laying hens | *South African Journal of Animal Science*. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 9 de jun. de 2023; consultado el 9 de jun. de 2023]. <https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/3776>.
- Bean L. LS. 2003. Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poultry Science*; [consultado el 23 de may. de 2023]. 82(3):388–394. eng. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119449638>. doi:10.1093/ps/82.3.388.
- Betancourt L, Díaz G. 2009. Enriquecimiento de huevos con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación con semilla de lino (*Linum usitatissimum*) en la dieta. *MVZ Córdoba*; [consultado el 23 de may. de 2023]. 14(1):1602–1610. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v14n1/v14n1a09.pdf>.
- Carbajal A. 2013. Manual de Nutrición y Dietética; [consultado el 23 de may. de 2023]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/22755/1/Manual-nutricion-dietetica-CARBAJAL.pdf>.

- Cerna AJ, Rosero BS. 2015. Uso de Hemicell® en dietas de alimento peletizado para pollos de engorde de la línea Arbor Acres Plus® × Ross® [Proyecto Especial de Graduación]. [sin lugar]: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. spa; [consultado el 24 de may. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4559>.
- Cherian G, Quezada N. 2016. Egg quality, fatty acid composition and immunoglobulin Y content in eggs from laying hens fed full fat camelina or flax seed. *J Anim Sci Biotechnol*; [consultado el 24 de may. de 2023]. 7:15. eng. doi:10.1186/s40104-016-0075-y.
- Cherian G, Sim JS. 1991. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the Fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science*; [consultado el 8 de jun. de 2023]. 70(4):917–922. <https://doi.org/10.3382/ps.0700917>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2023a. La cadena de valor del sector avícola | Producción y productos avícolas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de may. de 2023]. es. <https://www.fao.org/poultry-production-products/socio-economic-aspects/es/>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2023b. Nutrición y alimentación | Producción y productos avícolas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 23 de may. de 2023]. es. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/nutrition-feeding/es/>.
- García M, Gélvez V. 2015. Efecto inclusión de linaza en la dieta alimenticia sobre la concentración de ácidos grasos en huevos de gallina Babcock Brown. *Limentech ciencia y tecnología alimentaria*; [consultado el 26 de may. de 2023]. 13(1):48–53. [https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1605&hl=en&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=3776199581125742240&ei=PeHCZP\\_jCbiDy9YPq4CnkAQ&scisig=ABFr3yHy\\_SJmQQ\\_osjC1n8zB2Xv](https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1605&hl=en&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=3776199581125742240&ei=PeHCZP_jCbiDy9YPq4CnkAQ&scisig=ABFr3yHy_SJmQQ_osjC1n8zB2Xv).
- García M, Colas D, Colas M, López W, Pérez E, Sánchez A, Lamazares M, Grandía R. 2016. El peso corporal y su efecto sobre indicadores bioproductivos en gallinas White Leghorn L33. *Rev.Med.Vet.Zoot*; [consultado el 24 de may. de 2023]. 63(3). doi:10.15446/rfmvz.v63n3.62714.
- Jaramillo B. 2018. Evaluación del tipo de alojamiento e inclusión de lino "*Linum usitatissimum L.*" para la producción de huevos enriquecidos con omega-3. *RCIA*; [consultado el 23 de may. de 2023]. 5(2):52–73. es. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1509>. doi:10.23850/24220582.1509.
- Jiménez P, Masson L, Quitral V. 2013. Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Rev. chil. nutr*; [consultado el 22 de may. de 2023]. 40(2):155–160. en. doi:10.4067/s0717-75182013000200010.
- Meester F, Watson R. 2008. Wild-type food in health promotion and disease prevention: The Columbus concept. Totowa, N.J.: Humana Press Inc. 563 p. ISBN: 978-1-58829-668-9; [consultado el 8 de jun. de 2023]. [https://www.researchgate.net/profile/Fabien-De-Meester-2/publication/298028257\\_Wild-type\\_food\\_in\\_health\\_promotion\\_and\\_disease\\_prevention\\_The\\_Columbus\\_concept/links/610d065e0c2bfa282a27ee19/Wild-type-food-in-health-promotion-and-disease-prevention-The-Columbus-concept.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fabien-De-Meester-2/publication/298028257_Wild-type_food_in_health_promotion_and_disease_prevention_The_Columbus_concept/links/610d065e0c2bfa282a27ee19/Wild-type-food-in-health-promotion-and-disease-prevention-The-Columbus-concept.pdf).
- Mohd Ali N, Yeap SK, Ho WY, Beh BK, Tan SW, Tan SG. 2012. The promising future of chia, *Salvia hispanica L.* *J Biomed Biotechnol*; [consultado el 8 de jun. de 2023]. 2012. eng. <https://doi.org/10.1155/2012/171956>. doi:10.1155/2012/171956.

- Mottet A, Tempio G. 2017. Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *World's Poultry Science Journal*; [consultado el 23 de may. de 2023]. 73(2):245–256. en. doi:10.1017/s0043933917000071.
- Oliveira D. 2008. Fontes de lipídios na dieta de poedeiras: efeito sobre a produção eo perfil de ácidos graxos na gema. Brasil: [sin editorial] ; [consultado el 26 de may. de 2023]. <http://hdl.handle.net/1843/VETD-7VSH2G>.
- Quintana JA. 2011. Avitecna: Manejo de las aves domésticas más comunes. Cuarta edición. México: Trillas. 406 páginas. ISBN: 9786071708113; [consultado el 23 de may. de 2023].
- Tello D, Guerrero D. 2007. Inclusión de lino *Linum usitatissimum L.* en la dieta de ponedoras para la producción de huevos enriquecidos con ácido graso  $\alpha$ -Linolénico (Omega 3); [consultado el 23 de may. de 2023]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1129&context=zootecnia>.
- World Bank Group. 2022. Global economic prospects. 1st ed. Washington, DC: World Bank Group. 240 p. (World Bank Group flagship report; January 2022). ISBN: 9781464817601. eng; [consultado el 28 de may. de 2023]. <https://www.bch.hn/estadisticos/EME/ndice%20Mensual%20de%20Actividad%20Econmica%20IMAE/%C3%8Dndice%20Mensual%20de%20la%20Actividad%20Econ%C3%B3mica,%20Febrero%202022.pdf>.