

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



Proyecto Especial de Graduación  
**Efecto de la relación de lisina e isoleucina en la  
productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-  
Line® Brown**

Estudiante

Sebastian Alejandro Estrada Paiz

Victor Antonio Padilla Reyes

Asesores

Yordan Martínez D. Sc.

Patricio E. Paz PhD.

Honduras, julio 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA MARGARITA MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ROGEL CASTILLO**

Director Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	4
Resumen .....	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Condiciones Experimentales.....	10
Desempeño Productivo.....	11
Calidad del Huevo .....	11
Costo del Alimento Consumido y Costo para Producir un Huevo .....	12
Análisis Estadísticos .....	12
Resultados y Discusión.....	13
Conclusiones .....	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	22

## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de las dietas experimentales .....	10
Cuadro 2 Efecto de la relación de lisina e isoleucina en la productividad de gallinas ponedoras (67 – 76 semanas). .....	13
Cuadro 3 Efecto de la relación de lisina e isoleucina en la calidad del huevo de gallinas ponedoras (67 – 76 semanas). .....	16
Cuadro 4 Efecto de la relación de lisina e isoleucina en la factibilidad económica de gallinas ponedoras (67 – 76 semanas): .....	19

## Resumen

El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de la relación de diferentes niveles de lisina e isoleucina en la productividad y calidad del huevo de aves ponedoras. Se utilizaron 120 gallinas ponedoras Hy-Line® de 67 semanas de edad distribuidas en tres tratamientos, ocho repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Los tratamientos consistieron en dietas formuladas con las relaciones de 1.25, 1.21 y 1.17 de lisina e isoleucina. Las dietas experimentales no cambiaron la producción de huevos, el peso del huevo y el consumo de alimento. Sin embargo, la dieta con una relación de 1.25 de lisina e isoleucina incrementó la conversión masal y el porcentaje de huevos sucios. En la semana 71, la altura del albumen y las unidades Haugh mejoraron con la relación de 1.25. La dieta con relación de 1.21 incrementó el peso de los huevos, mientras que la dieta con una relación de 1.17 mejoró el grosor de la cáscara. En la semana 76, la dieta con una relación de 1.21 incrementó la altura del huevo y el color de la yema cambió con una relación de 1.17. Las dietas formuladas durante el experimento no afectaron los costos de alimento consumido y el costo para la producción de un huevo. Se recomienda utilizar una relación de 1.21 de lisina e isoleucina para incrementar la eficiencia de las gallinas ponedoras.

*Palabras clave:* Aminoácidos, aves de postura, huevo de mesa, intensidad de puesta.

### **Abstract**

The objective of the experiment was to evaluate the effect of the relationship of different levels of lysine and isoleucine on the productivity and quality of the egg of laying birds. We used 120 Hy-Line® laying hens of 67 weeks old distributed in three treatments, eight repetitions per treatment and five birds per repetition. The treatments consisted of diets formulated with the ratios of 1.25, 1.21 and 1.17 of lysine and isoleucine. Experimental diets did not change egg production, egg weight, and food consumption. However, the diet with a ratio of 1.25 of lysine and isoleucine increased mass conversion and the percentage of dirty eggs. In week 71, the height of the albumen and Haugh units improved with the ratio of 1.25. The diet with a ratio of 1.21 increased the weight of the eggs, while the diet with a ratio of 1.17 improved the thickness of the shell. At week 76, the diet with a ratio of 1.21 increased the height of the egg and the color of the yolk changed with a ratio of 1.17. The diets formulated during the experiment did not affect the costs of food consumed and the cost to the production of an egg. It is recommended to use a ratio of 1.21 of lysine and isoleucine to increase the efficiency of laying hens.

*Keywords:* Amino acids, birds of posture, table egg, intensity of laying.

## Introducción

Actualmente, la industria avícola ha tenido un incremento significativo debido al crecimiento de la población, siendo mucho mayor la demanda de alimentos que la cantidad de habitantes. En las últimas tres décadas, la producción mundial de huevos ha aumentado en más del 150%. Gran parte de este crecimiento se ha registrado en Asia, donde la producción casi se ha cuadruplicado (FAO [sin fecha]). El incremento específicamente en esta región se debe a su sobrepoblación y por ende ocurre una mayor ingesta alimenticia.

El huevo es un alimento esencial en la dieta diaria del ser humano. A pesar de su pequeña presentación, este alimento ofrece muchas virtudes a los consumidores (Onofre Sánchez et al. 2017). Entre las virtudes del huevo podemos encontrar: vitaminas, minerales y proteínas. Muchos estudios han demostrado que el huevo es un alimento “perfecto” por lo antes mencionado y por todos los aportes positivos en la nutrición de sus consumidores. Es un alimento popular entre la población especialmente en Latinoamérica por su accesibilidad económica y por su amplia producción por lo que es abundante y difícilmente escasea.

La producción eficiente de huevos está afectada por numerosos factores, entre los principales se incluyen la alimentación durante el período de desarrollo, el ambiente, el consumo de alimento, el requerimiento de nutrimentos, utilización de materias primas y el manejo alimenticio de las ponedoras (Campadal Herrero 1995). La nutrición y el ambiente son dos factores muy importantes que tienen un gran impacto en la productividad de las gallinas ponedoras. De igual forma, los factores antes mencionados junto con la edad y aminoácidos suministrados en las dietas afectan en gran medida en la calidad del huevo. Sin embargo, más importante que la suplementación de aminoácidos a la dieta de ponedoras, es la adecuada relación o equilibrio entre ellos, y para ello se debe trabajar a base de aminoácidos digestibles, estableciendo el concepto de proteína ideal (Brumano 2009).

Durante muchos años, las formulaciones de piensos para aves de corral se basaron en el concepto de proteína cruda, lo que resultó en dietas con un contenido de aminoácidos superior al

requerido por los animales. Con el inicio de la producción de aminoácidos sintéticos, se empezaron a formular dietas con un menor nivel de proteínas y con niveles de aminoácidos más cercanos a las necesidades reales de las aves. Sin embargo, la reducción excesiva de las proteínas del pienso puede provocar una deficiencia de aminoácidos no esenciales (Andreatta Scottá et al. 2014).

Uno de los aminoácidos a evaluar en este proyecto fue la lisina, este es uno de los tres aminoácidos más limitantes en las dietas de aves de postura, pero en la actualidad se pueden adquirir de forma sintética para incluirlos en las raciones alimenticias de estos animales. El concepto de proteína ideal utiliza la lisina como aminoácido de referencia y las necesidades de otros aminoácidos esenciales se establecen como porcentajes (o cocientes) de las necesidades de lisina (Ravindran 2013). Es importante proporcionar las raciones adecuadas de este aminoácido porque a partir de él se proporcionarán las raciones del resto de aminoácidos esenciales.

Tomando en cuenta este factor, se puede decir que un mínimo error al momento de incorporar lisina puede afectar la exigencia del resto de aminoácidos. El otro aminoácido evaluado durante el experimento fue la isoleucina. La isoleucina puede ser un aminoácido limitante para las gallinas ponedoras alimentadas con dietas con un nivel de proteína reducido (Dong et al. 2016). De acuerdo con Harms e Ivy (1993), la isoleucina es el cuarto aminoácido limitante en la dieta de gallinas ponedoras. La isoleucina es un aminoácido ramificado y se proporciona en menos cantidades que la lisina, pero su función es la formación y reparación del tejido muscular. Los objetivos de este proyecto fueron: Evaluar el efecto de la relación de la lisina e isoleucina en la productividad de gallinas ponedoras; determinar el efecto de la relación de lisina e isoleucina en la calidad del huevo de gallinas ponedoras y Determinar el efecto de la relación de lisina e isoleucina en el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo.

## **Materiales y Métodos**

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.

Un total de 120 gallinas ponedoras Hy-Line® Brown de 67 semanas de edad se distribuyó según un diseño totalmente aleatorizado durante 10 semanas, con tres tratamientos, ocho repeticiones por tratamiento y cinco aves por jaula. Los tratamientos experimentales fueron los siguientes:

**T1:** Relación de 1.25 de lisina e isoleucina

**T2:** Relación de 1.21 de lisina e isoleucina

**T3:** Relación de 1.17 de lisina e isoleucina

**Cuadro 1**

*Ingredientes y aportes nutricionales de las dietas experimentales.*

Ingredientes	Tratamientos experimentales		
	T1	T2	T3
	1.25	1.21	1.17
Harina de maíz	71.04	71.03	71.06
Harina de soya	13.38	13.35	13.32
Aceite de palma	1.68	1.68	1.66
Premezcla Vit+Min <sup>1</sup>	0.20	0.20	0.20
Sal común	0.35	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05	0.05
Biofos <sup>®</sup>	1.15	1.17	1.17
Carbonato de calcio fino	3.99	3.99	3.99
Carbonato de calcio grueso	7.41	7.41	7.41
Mycofix plus 5.0 <sup>®</sup>	0.12	0.12	0.12
Enzimas	0.05	0.05	0.05
DL-metionina	0.20	0.20	0.20
L-lisina	0.22	0.22	0.22
L-treonina	0.05	0.05	0.05
L-Isoleucina	0.11	0.13	0.15
Costo USD/t	361.60	363.40	364.99
<i>Aportes</i>			
EM, kcal/kg	2800	2800	2800
P disponible, %	0.35	0.35	0.35
Ca, %	4.40	4.40	4.40
Lisina, %	0.70	0.70	0.70
Met+Cyst, %	0.63	0.63	0.63
Treonina, %	0.49	0.49	0.49
Isoleucina, %	0.56	0.58	0.60

**Condiciones Experimentales**

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m<sup>2</sup> y en corrales en un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en un bebedero de galón por corral y el consumo de alimento se restringió a 110 g/ave. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se empleó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizaron 15 días de adaptación a las nuevas dietas.

## Desempeño Productivo

El peso del huevo se determinó en todas las semanas experimentales. Se recolectaron 30 huevos de cada tratamiento entre las 08:30 a 9:30 am y se pesaron 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 tres veces por semana por el método de oferta y rechazo.

Para determinar la intensidad de puesta se consideraron 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, fáfara y roto) se calculó utilizando la ecuación 1:

$$\text{Huevos no aptos (HNA)} = \frac{\# \text{ HNA} \times 100}{\text{Huevos aptos}} \quad (1)$$

## Calidad del Huevo

En las semanas 5 y 10 de iniciado el experimento 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. 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  $\pm 0.001$  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  $\pm 0.01$  mm. La unidad Haugh se calculó con la fórmula:

$$HU = 100 \times \log(H + 1.7 W^{0.37} + 7.6)$$

Donde:

HU = Unidad Haugh.

H = Altura de la albúmina.

W = 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 del Alimento Consumido y Costo para Producir un Huevo**

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

## Resultados y Discusión

El Cuadro 2 muestra el efecto de la relación de lisina e isoleucina en la productividad de gallinas ponedoras (67 – 76 semanas). En lo que se refiere a la intensidad de puesta, consumo de alimento y peso del huevo, no se encontraron diferencias entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ). Esto es debido a que las dietas no tuvieron influencia en estos parámetros productivos. La conversión masal incrementó con la dieta formulada con la interacción de 1.25 de lisina e isoleucina (T1), siendo diferente con los otros dos tratamientos. Asimismo, se encontró un aumento en la cantidad de huevos sucios (11.10%) cuando se utilizó la dieta con interacción de 1.25 de lisina e isoleucina (T1).

### Cuadro 2

*Efecto de la relación de lisina e isoleucina en la productividad de gallinas ponedoras (67 -76 semanas).*

Indicadores	Media de Tratamientos			E.E ±	Valor de P
	T1 1.25	T2 1.21	T3 1.17		
Intensidad de Puesta (%)	83.72	83.33	84.95	0.784	0.696
Consumo de alimento (g/ave/día)	104.67	104.25	104.86	0.852	0.877
Peso del huevo (g)	61.99	62.77	63.46	0.588	0.230
Conversion masal (kg/kg)	2.33 <sup>a</sup>	1.99 <sup>b</sup>	1.95 <sup>b</sup>	0.038	0.001
Huevos no aptos (%)	11.10 <sup>a</sup>	7.39 <sup>b</sup>	9.52 <sup>b</sup>	0.468	0.002

*Nota.* <sup>a,b</sup> Medias con letras diferentes entre filas difieren a  $P \leq 0.05$ .

De acuerdo al resumen de rendimiento de Hy-Line® (2018), el porcentaje de puesta para las aves de raza Hy-Line® Brown se encuentra entre 75-85% para las semanas 67 a 76 de edad. En este experimento, los tres tratamientos evaluados alcanzaron valores arriba del 80% en la intensidad de puesta. El contenido de isoleucina (0.60%) en la dieta para el T3 con una relación de 1.17 de lisina e isoleucina logró que las aves obtuvieran una mejor postura de huevos. Al ser un aminoácido ramificado, la isoleucina juega un rol importante en el metabolismo de los ácidos grasos en el hígado de las aves, siendo este órgano determinante para la producción y calidad del huevo por lo que cualquier factor que disminuya la funcionalidad hepática impactará negativamente en el índice de

puesta (Bai et al. 2015; Orpí 2020). La lisina también influye en la producción de huevos de las aves; según Akbari Moghaddam Kakhki et al. (2016), este indicador aumenta con la adición de lisina digerible a la dieta y la inclusión de la misma les ayudó a obtener un porcentaje de postura que oscila entre 81 – 88%. Tomando en cuenta lo mencionado por estos autores, es importante mantener un balance al momento de incluir estos ingredientes en las dietas con el objetivo de mejorar la producción.

El consumo diario de alimento no obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos. Resultados similares se encontraron en los estudios realizados por Santos et al. (2014), Novak et al. (2004), Schutte y Smink (1998) y Prochaska et al. (1996) donde la inclusión de lisina no afectó el consumo de alimento en las aves. Asimismo, el estudio realizado por Dong et al. (2016) demostró que la ingesta de alimentos no obtuvo cambios con el uso de isoleucina en el pienso. Sin embargo, Peganova y Eder (2002), concluyeron que el margen entre el requerimiento y exceso de isoleucina en las dietas es estrecho, niveles inferiores al 0.48% y superiores a 1.0% pueden tener un impacto negativo en la ingesta de alimento de las gallinas ponedoras. Entonces, la cantidad de isoleucina utilizada en los tratamientos (0.56%, 0.58% y 0.60%) se encuentra dentro de los parámetros, por tanto, el consumo alimenticio no presentó un efecto negativo en las aves.

El peso del huevo no se vio afectado por las diferentes relaciones de los aminoácidos utilizados en las dietas experimentales. El rango de peso obtenido para este parámetro (61 – 64 g) concuerda con los datos de la guía de manejo de Hy-Line® International (2018), donde establece que el peso del huevo para gallinas entre 67-76 semanas oscila entre los 62.8 a 65 gramos aproximadamente. La edad influye en gran manera sobre el peso del huevo, a medida la gallina incrementa su edad así será el incremento en el peso de los huevos producidos. Asimismo, Rama Rao et al. (2011) concluyeron en su estudio que la inclusión de lisina en las dietas pueden aumentar el peso del huevo. Se observó que el peso del huevo aumentaba conforme a una mayor inclusión de isoleucina. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Shivazad et al. (2002), quienes observaron una tendencia

favorable para aumentar el peso del huevo y otros parámetros productivos cuando se utilizan niveles entre 0.51 - 0.60% de este aminoácido.

La conversión masal demostró tener diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos. En el primer tratamiento la conversión masal fue mayor, con un valor de 2.33 kg/kg, mientras que los resultados en los otros dos tratamientos fueron menores (1.99 y 1.95 kg/kg). Se pudo apreciar una disminución leve con respecto a los distintos niveles de la relación de lisina-isoleucina en las tres dietas experimentales. Estos valores concuerdan con el estudio realizado por López Kino (2018) donde la conversión masal del huevo estuvo entre 1.90 a 2.00 kg/kg tomando en cuenta un rango de inclusión de isoleucina parecido al de nuestro experimento (0.50 – 0.60%). La masa del huevo puede ser afectada cuando se utilizan niveles menores a 0.50% y superiores a 1% en las dietas de aves de postura (Peganova y Eder 2002; Shivazad et al. 2002).

Huevos rotos o sucios son considerados como huevos no aptos. Los huevos no aptos se distinguen gracias al color café pálido que presentan. En los resultados obtenido en el experimento, se puede apreciar una diferencia ( $P \leq 0.05$ ) debido a que el T1 (relación 1.25) obtuvo un mayor porcentaje de huevos no aptos (11.10%) en comparación con el T2 (relación 1.21) (7.39%) y el T3 (relación 1.17) (9.52%). Factores como el manejo, la recolección, el conteo y el cuidado sanitario del alimento tienen mucha influencia en el porcentaje huevos no aptos (López et al. 2016). Sin embargo, el factor más influyente en el porcentaje de huevos no aptos es la edad del lote de producción (Navarro 2020). A mayores semanas de edad, la eficiencia en la absorción de los nutrientes comienza a disminuir afectando la eficiencia y calidad de producción.

El Cuadro 3 muestra el efecto de la relación de lisina e isoleucina en los componentes de la calidad del huevo entre tratamientos en las semanas 71 y 76. En la semana 71, el peso del huevo aumentó con la dieta formulada con la interacción de 1.21 de lisina e isoleucina (T2). El uso de la dieta con interacción de 1.25 de lisina e isoleucina (T1) incrementó la altura del albumen y las unidades Haugh en comparación con los otros dos tratamientos. En cuanto a la resistencia a ruptura y el color

de yema no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos. El grosor de la cáscara presentó un incremento leve en el T3 (1.17 de lisina e isoleucina) seguido del T2 (1.21 de lisina e isoleucina) y T1 (1.25 de lisina e isoleucina), respectivamente.

Durante la semana 76, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los siguientes indicadores: peso del huevo, unidades Haugh, resistencia a la ruptura y grosor de la cáscara. Por otro lado, la altura del huevo incrementó en el T2 (1.21 de lisina e isoleucina) y el color de la yema aumentó con el uso de la dieta formulada para el T3 (1.17 de lisina e isoleucina).

### Cuadro 3

*Efecto de la relación de lisina e isoleucina en la calidad del huevo de gallinas ponedoras (67 -76 semanas)*

Indicadores	Media de Tratamientos			E.E $\pm$	Valor de P
	T1 1.25	T2 1.21	T3 1.17		
<i>Semana 71</i>					
Peso del Huevo (g)	59.475 <sup>b</sup>	62.605 <sup>a</sup>	62.225 <sup>ab</sup>	0.872	0.027
Altura del albumen (mm)	9.930 <sup>a</sup>	9.255 <sup>ab</sup>	8.605 <sup>b</sup>	0.354	0.037
Unidades Haugh	98.275 <sup>a</sup>	94.640 <sup>ab</sup>	91.375 <sup>b</sup>	1.866	0.039
Resistencia a ruptura (F/cm <sup>2</sup> )	4558.00	4434.70	4315.50	242.96	0.780
Color de la yema	1.050	1.000	1.000	0.028	0.374
Grosor de la cáscara (mm)	0.349 <sup>b</sup>	0.362 <sup>ab</sup>	0.388 <sup>a</sup>	0.008	0.005
<i>Semana 76</i>					
Peso del Huevo (g)	62.155	66.210	64.885	1.403	0.123
Altura del albumen (mm)	10.980 <sup>ab</sup>	11.445 <sup>a</sup>	10.600 <sup>b</sup>	0.238	0.050
Unidades Haugh	102.730	104.030	100.615	1.012	0.063
Resistencia a ruptura (F/cm <sup>2</sup> )	4605.30	4462.65	4666.60	174.87	0.700
Color de la yema	1.150 <sup>ab</sup>	1.000 <sup>b</sup>	1.400 <sup>a</sup>	0.099	0.021
Grosor de la cáscara (mm)	0.362	0.373	0.380	0.006	0.180

*Nota.* a,b Medias con letras diferentes entre filas difieren a  $P \leq 0.05$ .

En cuanto al peso del huevo, se encontraron diferencias significativas en la semana 71 de edad donde el tratamiento de 1.25 de interacción obtuvo el peso mas bajo en comparación a los otros dos tratamientos que obtuvieron pesos similares. Para la semana 76, el peso mejoró en cada uno de los tratamientos donde no hubo una diferencia significativa y se logró un peso promedio de 64.42 g. El

peso del huevo se considera bueno, porque según la guía de manejo Hy-Line® International (2018) lo ideal es que para aves de esta misma edad el peso debería ser 64.5 g aproximadamente.

La albúmina constituye aproximadamente el 60% del huevo entero y su calidad es muy importante en los mercados donde el consumo de huevo crudo es habitual (Hy-Line® International 2017). La altura del albumen presentó diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para la semana 71 y de igual forma para la semana 76 donde el T3 fue el de menor tamaño (8.605 mm y 10.600 mm). Existen pocos experimentos sobre el efecto de la suplementación de algunos ingredientes en dietas de aves sobre la calidad de la albúmina. Akbari Moghaddam Kakhki et al. (2016) demostraron que la lisina no es un factor que influyó en este parámetro de calidad cuando la incluyeron en las dietas. De igual forma, Dong et al. (2016) y Peganova y Eder (2002) concluyeron en sus experimentos que el uso de isoleucina no afectó en la altura de la albúmina. Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestro experimento indicaron una reducción en la altura del albumen cuando se utilizó un mayor nivel de isoleucina.

El método más popular para la medición de la frescura del huevo es por medio de unidades Haugh, las cuáles conforman una escala de 0 a 110 donde a menor valor, mayor es el envejecimiento del huevo (Secretaría de Economía de Mexico 2017). Los resultados obtenidos para este indicador de calidad son proporcionales a los valores de la altura del albumen. Sin embargo, diferencias significativas fueron encontradas solo durante la semana 71 del experimento. Para la semana 76, no se obtuvieron diferencias entre tratamientos y hubo un incremento en las unidades Haugh.

La resistencia a la ruptura no mostró diferencias significativas en las semanas 71 y 76 correspondientes a la mitad y al final del experimento. Los valores según los estándares de calidad mencionados en la guía de manejo Hy-Line® International (2018) son 4,070 F/cm<sup>2</sup> en aves de 71 semanas y 4,040 F/cm<sup>2</sup> en aves de 76 semanas de edad. Tomando en cuenta los valores antes mencionados, se puede decir que se obtuvieron valores por encima de lo requerido para este indicador de calidad.

El color de la yema está completamente determinado por los tipos y las cantidades de pigmento presentes en el alimento y en la capacidad del ave para absorber y asimilar estos pigmentos (Hy-Line® International 2017). El color de la yema fue similar en los tres tratamientos experimentales para la semana 71 donde la única variación fue solo de 0.5 en el primer tratamiento pero no se considera una diferencia significativa. Por otro lado, los resultados de la semana 76 sí presentaron diferencias significativas considerando el incremento en la intensidad de color en el valor correspondiente al T3 (1.400) en comparación a los resultados de los otros dos tratamientos. El color es fluctuante debido a las impurezas (daños mecánicos, insectos, excretas) encontradas en la harina de maíz utilizada como materia prima de las dietas.

El grosor de la cáscara disminuye con la edad del ave ya que el huevo se vuelve más grande, también la tasa de esta disminución se ve afectada por la dieta y la genética (Hy-Line® International 2017). En la semana 71, el grosor de la cáscara presentó diferencias significativas donde el tratamiento 3 obtuvo una medida superior (0.388 mm). Sin embargo, en la semana 76 se obtuvieron medidas más uniformes y no hubo diferencias significativas. Se puede decir que los aminoácidos no influyeron en el grosor de la cáscara y que las variaciones se deben mayormente a factores ambientales y de manejo.

El Cuadro 4 muestra los costos del alimento consumido y de la producción de un huevo en cada tratamiento experimental. La variación en cuanto a los costos del alimento consumido fue mínima pero no significativa. De igual forma, el costo de la producción de un huevo no tuvo diferencias significativas entre los tratamientos.

**Cuadro 4**

*Efecto de la relación de lisina e isoleucina en la factibilidad económica de gallinas ponedoras (67 – 76 semanas).*

Indicadores	Media de Tratamientos			E.E ±	Valor de P
	T1 1.25	T2 1.21	T3 1.17		
Costo del alimento consumido (US\$)	12.981	13.097	13.167	0.093	0.380
Costo para producir un huevo (US\$)	0.058	0.063	0.059	0.002	0.365

Al calcular el costo/ave del alimento consumido se obtienen valores entre USD 12 y 13. Los costos obtenidos en los diferentes tratamientos fueron similares y no tuvieron una variación significativa. Sin embargo, considerando el Cuadro 4, T1 (relación 1.25) podría ser más rentable porque es el que resulta con un costo más bajo al momento de producir un huevo. Es importante mencionar que no se puede definir un mejor tratamiento solo por el factor económico por lo que se deben de tomar en cuanto otros factores como la productividad y la calidad del huevo como lo fueron en este experimento. De igual forma, se puede evaluar constantemente los costos de alimentación considerando que es uno de los factores con mayor impacto en la producción avícola.

## Conclusiones

Las dietas formuladas con una relación de lisina e isoleucina de 1.21 y 1.25 disminuyó la conversión masal y los huevos sucios. Sin embargo, no se observaron cambios en la producción, peso del huevo y consumo de alimento.

En la quinta semana del experimento (semana 71), la altura del albumen y la unidad Haugh incrementaron con la relación de 1.25 de lisina e isoleucina. El peso del huevo aumentó con la relación de 1.21 y el grosor de la cáscara incrementó con la relación 1.17. En la última semana experimental (semana 76), la altura del huevo y color de la yema aumentó con la relación de 1.21 y 1.17, respectivamente.

Las dietas experimentales formuladas con las tres relaciones de lisina e isoleucina no modificaron los costos de alimento consumido y el costo requerido para la producción de un huevo.

### **Recomendaciones**

Realizar un estudio con la interacción de diferentes niveles de lisina y otros aminoácidos esenciales en las dietas de gallinas ponedoras.

Evaluar los efectos de la interacción de los aminoácidos en la dieta de gallinas ponedoras de distintas fases productivas.

Evaluar los efectos de la interacción de lisina e isoleucina en la dieta de otras líneas genéticas de aves de postura.

## Referencias

- Akbari Moghaddam Kakhki R, Golian A, Zarghi H. 2016. Effect of dietary digestible lysine concentration on performance, egg quality, and blood metabolites in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 25(4):506–517. doi:10.3382/japr/pfw032.
- Andreatta Scottá B, Furtado Campos P, Cardoso Gomide AP, Coelho Barroca C, da Silva Formigoni A, Lopes de Oliveira B. 2014. Valina, isoleucina e leucina para aves. *PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*; [consultado el 29 de may. de 2021]. 8(1). <https://www.pubvet.com.br/artigo/275/valina-isoleucina-e-leucina-para-aves>.
- Bai J, Greene E, Li W, Kidd MT, Dridi S. 2015. Branched-chain amino acids modulate the expression of hepatic fatty acid metabolism-related genes in female broiler chickens. *Mol Nutr Food Res*. 59(6):1171–1181. eng. doi:10.1002/mnfr.201400918.
- Brumano G. 2009. Níveis de lisina e de metionina + cistina e proteína bruta para melhor qualidade de ovo e de carcaça de aves e de suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*; [consultado el 28 de may. de 2021]. 6(3):898–917. [http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/085V6N3P898\\_917\\_MAI2009\\_.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/085V6N3P898_917_MAI2009_.pdf).
- Campadal Herrero C. 1995. Consideraciones nutricionales en la formulación y alimentación para postura aplicadas a la explotación de huevos en Centro America. *Nutrición Animal Tropical*; [consultado el 25 de may. de 2021]. 2(1). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/9973/9381>.
- Dong XY, Azzam MMM, Zou XT. 2016. Effects of dietary L-isoleucine on laying performance and immunomodulation of laying hens. *Poult Sci*. 95(10):2297–2305. eng. doi:10.3382/ps/pew163.
- FAO. [sin fecha]. Producción y Productos Avícolas: Nutrición y Alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; [consultado el 26 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/nutrition-feeding/es/>.
- Harms RH, Ivey FJ. 1993. Performance of Commercial Laying Hens Fed Various Supplemental Amino Acids in a Corn-Soybean Meal Diet. *Journal of Applied Poultry Research*. 2(3):273–282. doi:10.1093/japr/2.3.273.
- Hy-Line International. 2017. La ciencia de la Calidad del Huevo: Boletín Técnico. [sin lugar]. <https://www.hyline.com/ViewFile?id=88df674d-2faf-411b-a883-d64770fcb740>.
- Hy-Line International. 2018. Guía de Manejo. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2021]. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20SPN.pdf>.
- López JRL, Arias P. C, Morales-Cauti S, Ramos D. D. 2016. Expendio de huevos no aptos para consumo humano en los Andes centrales del Perú. *REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria*; [consultado el 5 de jun. de 2021]. 17(12):1–8. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649052014.pdf>.
- López Kino L. 2018. Efecto de la formulación por aminoácidos digestibles y diferentes niveles de proteína bruta para gallinas ponedoras sobre el comportamiento productivo [Tesis]. Perú: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO ORREGO, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. <https://cutt.ly/HmS7H1h>.
- Navarro R. 2020. Calidad de cascara en huevos de consumo. [sin lugar]: NUTEGA. <https://nutega.com/wp-content/uploads/2020/11/CALIDAD-DE-CASCARA-EN-HUEVOS-DE-CONSUMO-RN.pdf>.

- Novak C, Yakout H, Scheideler S. 2004. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. *Poult Sci.* 83(6):977–984. eng. doi:10.1093/ps/83.6.977.
- Onofre Sánchez JE, Flores Enríquez EG, García Hernández BJ, Martínez García MD, Vite Reyes GE. 2017. Huevo, alimento básico en la dieta de todo el mundo. *ICEA.* 5(10). doi:10.29057/icea.v5i10.2484.
- Orpí J. 2020. El papel del hígado en la producción de huevos. *Veterinaria Digital*; [consultado el 17 de jun. de 2021]. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-papel-del-higado-en-la-produccion-de-huevos/>.
- Peganova S, Eder K. 2002. Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens. *Poult Sci.* 81(11):1714–1721. eng. doi:10.1093/ps/81.11.1714.
- Prochaska JF, Carey JB, Shafer DJ. 1996. The effect of L-lysine intake on egg component yield and composition in laying hens. *Poult Sci.* 75(10):1268–1277. eng. doi:10.3382/ps.0751268.
- Rama Rao SV, Ravindran V, Srilatha T, Panda AK, Raju M. 2011. Effect of dietary concentrations of energy, crude protein, lysine, and methionine on the performance of White Leghorn layers in the tropics. *Journal of Applied Poultry Research.* 20(4):528–541. doi:10.3382/japr.2011-00355.
- Ravindran V. 2013. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Palmerson, North, Nueva Zelanda: FAO. p. 67–70. ISBN: 978-92-5-308067-0. <http://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>.
- Santos TAd, Geraldo A, Machado LC, Gonçalves RA, Pelícia K, Simão SD. 2014. Digestible lysine levels in semi-heavy laying hens in the period from 28 to 44 weeks of age. *Acta Sci. Anim. Sci.* 36(2):145. doi:10.4025/actascianimsci.v36i2.21822.
- Schutte JB, Smink W. 1998. Requirement of the laying hen for apparent fecal digestible lysine. *Poult Sci.* 77(5):697–701. eng. doi:10.1093/ps/77.5.697.
- Secretaría de Economía de Mexico. 2017. Productos avícolas - Huevo fresco de gallina – Especificaciones y metodos de prueba (Cancela a la nmx-ff-079-2004). Ciudad de Mexico: [sin editorial] (ICS 67.120.20) (NMX-FF-127-SCFI-2016). 2017; [actualizado 2017]. [http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-FF-127-SCFI-2016\\_Huevo\\_fresco.pdf](http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-FF-127-SCFI-2016_Huevo_fresco.pdf).
- Shivazad M, Harms RH, Russell GB, Faria DE, Antar RS. 2002. Re-evaluation of the isoleucine requirement of the commercial layer. *Poult Sci.* 81(12):1869–1872. eng. doi:10.1093/ps/81.12.1869.