

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



Proyecto Especial de Graduación  
**Efecto de la interacción de dietas con diferentes energía metabolizable  
y pigmentos en la productividad y porciones comestibles de pollos de  
engorde**

Estudiantes

Ariela Maria Corea Ventura

José Andrés Laborda Wong

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Rogel Castillo, M.Sc.

Honduras, octubre 2024

**Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**CELIA O. TREJO RAMOS**

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

**JULIO NAVARRO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexos.....	5
Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos.....	10
Ubicación .....	10
Animales y Tratamientos .....	10
Diseño Experimental.....	11
Variables Medidas.....	11
Desempeño Productivo.....	11
Análisis Estadístico .....	12
Resultados y Discusión.....	13
Conclusiones .....	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	22

### Índice de Cuadros

Cuadro 1. Energía Metabolizable de las Dietas en Diferentes Fases (0-32 días).....	11
Cuadro 2. Evaluación de los parámetros productivos en pollos de engorde Cobb500™ (0- 8 días).....	14
Cuadro 3. Evaluación de los parámetros productivos en pollos de engorde Cobb500™ (9-18 días)....	16
Cuadro 4. Evaluación de los parámetros productivos en pollos de engorde Cobb500™ (19-32 días)..	18
Cuadro 5. Evaluación de diferentes niveles de energía metabolizable en la pigmentación de pollos de engorde.....	19

**Índice de Anexos**

Anexo A. Ingredientes y aportes nutricionales de dieta (0-8 días).....	24
Anexo B. Ingredientes y aportes nutricionales de dieta (9-18 días).....	25
Anexo C. Ingredientes y aportes nutricionales de dieta (19-32 días).....	26

## Resumen

El objetivo de esta evaluación fue analizar el efecto de la interacción entre dietas con diferentes niveles de energía metabolizable y pigmentos sobre la productividad y las porciones comestibles de pollos de engorde, con el fin de optimizar la calidad del producto final y la eficiencia del sistema de producción avícola. La investigación se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se usó un diseño completamente al azar con 1872 pollos de engorde Cobb500™ en doce tratamientos experimentales, 39 pollos por repetición y cuatro repeticiones por tratamiento durante 32 días de edad. El alimento y el agua se suministró *ad libitum* en comederos tipo tolva y bebederos de niple. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza. Los tratamientos incluyeron tres dietas principales: dietas isocalóricas, hipercalóricas e hipocalóricas. Estos grupos se evaluaron en variantes enriquecidas con pigmento amarillo, rojo y una combinación de ambos pigmentos. Se evaluaron las siguientes variables: peso vivo, consumo por ave, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia (ICA). El estudio revela que las dietas hipocalóricas, especialmente con pigmentos, resultan en un mayor peso vivo y ganancia de peso, alcanzando hasta 1.240 kg en el tratamiento T12 (dieta hipercalórica + pigmento rojo y amarillo). Estos tratamientos mostraron una alta prevalencia de pigmento amarillo (87.50%), indicando una fuerte asociación con una coloración intensa ( $P = 0.001$ ). En contraste, las dietas hipercalóricas presentaron una mayor eficiencia en la conversión alimenticia, con el mejor ICA registrado en T5 (Dieta hipercalórica + pigmento amarillo) (1.26), aunque con menores niveles de pigmentación. Las dietas isocalóricas mostraron un desempeño intermedio en ambos parámetros.

*Palabras clave:* Dieta isocalórica, dieta hipercalórica, dieta hipocalórica, energía metabolizable.

### Abstract

The objective of this evaluation was to analyze the effect of the interaction between diets with different levels of metabolizable energy and pigments on productivity and edible portions of broilers, in order to optimize the quality of the final product and the efficiency of the poultry production system. The research was conducted at the Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. A completely randomized design was used with 1872 Cobb500™ broilers in twelve experimental treatments, 39 broilers per replicate and four replicates per treatment until reaching 32 days of age. Feed and water were supplied ad libitum in hopper feeders and nipple drinkers. Data were processed by analysis of variance (ANOVA). Treatments included three main groups: isocaloric, hypercaloric and hypocaloric diets. These groups were evaluated in variants enriched with yellow pigment, red pigment and a combination of both pigments. The following variables were evaluated: live weight, consumption per bird, weight gain and feed conversion ratio (FCR). The study revealed that hypocaloric diets, especially with pigments, resulted in higher live weight and weight gain, reaching up to 1,240 kg in treatment T12 (hypercaloric + combination of pigments). These treatments showed a high prevalence of yellow pigment (87.50%) and a Chi-Squared of 51.05 ( $P = 0.001$ ), indicating a strong association with intense coloration. In contrast, hypercaloric diets showed higher feed conversion efficiency, with the best AQI recorded at T5 (hypercaloric + yellow pigment) (1.26), although with lower levels of pigmentation. The isocaloric diets showed intermediate performance in both parameters.

*Keywords:* Hypercaloric diet, hypocaloric diet, isocaloric diet, metabolizable energy.

## Introducción

La avicultura es considerada el sector pecuario más grande del mundo, debido que destaca por sus significativas cifras de producción, dividiéndose principalmente en dos ramas: la producción de huevos de gallina y la cría de pollos de engorde, ambos destinados al consumo humano y a la alimentación global. La población mundial esta cercana a los 7.8 billones de personas, lo que conlleva a una creciente demanda de alimentos y proteínas. La dieta humana busca componentes nutricionales esenciales, incluyendo proteínas de alta calidad, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas; siendo el pollo destacado por su alto valor nutricional y por su gran accesibilidad económica, se posiciona como una excelente opción en el menú de millones de personas a nivel global (Cuéllar Sáenz, 2022).

A lo largo de los años, se ha observado una interesante práctica en la industria alimentaria de diversos países, que es la pigmentación del pollo y sus huevos. Este fenómeno es especialmente destacado en mercados clave como México, España, Francia, Italia y China, donde los consumidores pueden encontrar pollos con una amplia gama de colores en su piel, que van desde tonalidades de amarillo hasta un dorado naranja. La pigmentación desempeña un papel crucial en la producción de pollo de engorde en los mercados mencionados anteriormente, extendiéndose más allá de la nutrición y adentrándose más en el ámbito del marketing (Ruiz, 2015).

Durante mucho tiempo, ha prevalecido un concepto erróneo acerca de los pollos con pieles pigmentadas. No obstante, es crucial comprender que el color de la piel de un pollo de engorde en realidad no incide en su sabor ni en su valor nutricional (Lee y Zhao, 2022). Pero existen mercados que requieren este tipo de pigmento por su atractivo al momento de la compra, y en esos casos ofrecen mejores remuneraciones.

Instituciones, como el USGC (2024), han determinado que un gran número de consumidores mexicanos de productos derivados del pollo muestran una preferencia por una piel de pollo de tono amarillo y, del mismo modo, una yema de huevo de color amarillo oscuro.

Conscientes de esta situación, el USGC (2024) demostró con éxito la existencia de numerosos métodos para modificar el color de las aves, como por ejemplo el uso de aceite de destilados de maíz (DCO), que contiene pigmentos vegetales naturales conocidos como carotenoides. Estos pueden ser incorporados en la alimentación de las aves con el propósito de alcanzar el nivel de pigmentación deseado tanto en la carne de pollo como en las yemas de huevo, según las preferencias de los consumidores (USGC, 2024).

La energía metabolizable se define como la energía total del alimento menos la energía presente en las heces y la orina. Por otro lado, la energía productiva es aquella porción de la ración que se convierte efectivamente en carne (Azevedo Murarolli, 2007). En este mismo contexto, la energía metabolizable (EM) es fundamental en la formulación de dietas para aves, ya que su cantidad influye directamente en el consumo de alimento, el rendimiento productivo, la calidad de la carcasa y el retorno económico (Uculmana M., 2020).

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la interacción entre diferentes niveles de energía metabolizable y la adición de pigmentos en la dieta sobre la productividad y las porciones comestibles de pollos de engorde. Se buscó optimizar tanto la calidad del producto final como la eficiencia del sistema de producción avícola, evaluando el impacto de estas variaciones dietéticas en los parámetros de crecimiento, consumo y eficiencia alimenticia de los pollos.

## Materiales y Métodos

### Ubicación

Este ensayo se llevó a cabo en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, situado en el Valle Yegüare, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, a 32 km de la carretera Tegucigalpa a Danlí, Honduras. La unidad se encuentra a 800 msnm, con una precipitación promedio anual de 1,100 mm, y una temperatura promedio de 26 °C.

### Animales y Tratamientos

Para la investigación se ubicaron aleatoriamente 1872 pollos de engorde Cobb500™ de un día de edad en doce tratamientos experimentales, 39 pollos por repetición, cuatro repeticiones por tratamiento durante 32 días de edad. Los tratamientos consistieron en los siguientes tipos de dietas:

**T1:** Dieta isocalórica

**T2:** Dieta hipercalórica

**T3:** Dieta hipocalórica

**T4:** Dieta isocalórica + pigmento amarillo

**T5:** Dieta hipercalórica + pigmento amarillo

**T6:** Dieta hipocalórica + pigmento amarillo

**T7:** Dieta isocalórica + pigmento rojo

**T8:** Dieta hipercalórica + pigmento rojo

**T9:** Dieta hipocalórica + pigmento rojo

**T10:** Dieta isocalórica + pigmento amarillo-rojo

**T11:** Dieta hipercalórica + pigmento amarillo-rojo

**T12:** Dieta hipocalórica + pigmento amarillo-rojo

El Cuadro 1 muestra la varianza de la energía metabolizable de las dietas a lo largo del tiempo y según el tipo de dieta. La dieta hipercalórica proporciona la mayor cantidad de energía en cada fase del crecimiento de los pollos, lo que puede influir en su crecimiento y eficiencia alimenticia. Por otro

lado, la dieta hipocalórica ofrece la menor cantidad de energía, lo que podría resultar en un crecimiento más lento, pero quizás en una eficiencia alimenticia diferente. La dieta isocalórica sirve como punto de referencia con niveles intermedios de energía metabolizable.

### **Cuadro 1**

*Energía Metabolizable de las Dietas en Diferentes Fases (0-32 días)*

Energía metabolizable		Inicio	Desarrollo	Final
Isocalórico	kcal/kg	2975	3025	3100
Hipercaleórico	kcal/kg	3123.75	3176.25	3255
Hipocalórico	kcal/kg	2826.25	2873.75	2945

### **Diseño Experimental**

Cada repetición estuvo constituida por un corral con 11 aves/m<sup>2</sup>. El alimento y el agua se suministró *ad libitum* en comederos tipo tolva y bebederos de niple, respectivamente. La temperatura y la ventilación dentro del galpón se controló mediante criadoras de gas, manejo de cortinas y ventiladores. La nave se desinfectó según las normas de calidad medioambientales. No se utilizó medicamentos, ni atención veterinaria terapéutica durante toda la etapa experimental.

### **Variables Medidas**

Los parámetros productivos analizados fueron el peso vivo (PV) individual, el consumo de alimento por ave, la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia (ICA).

### **Desempeño Productivo**

En cada fase experimental (inicio, crecimiento y finalización) se determinó los indicadores del desempeño productivo de los pollos de engorde. Se calculó la conversión alimenticia como la cantidad de alimento ingerido, para una ganancia de 1 kg de peso vivo (PV). El peso inicial y el final de cada etapa se realizó de forma individual, en una balanza industrial Mettler Toledo® IND226 con precisión  $\pm 1.00$  g, respectivamente. El consumo de alimento acumulado (CA) se calculó diariamente mediante el método de oferta y rechazo.

**Análisis Estadístico**

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) en un diseño factorial 3 × 4 y se utilizó el método de Duncan para comparar múltiples tratamientos y detectar diferencias significativas usando JMP® Pro 18. Además, se aplicó un análisis de Chi-Cuadrado para determinar la dependencia entre los tratamientos de energía y los tipos de pigmentos, para determinar diferencias entre variaciones con pigmentación.

## Resultados y Discusión

El Cuadro 2 presenta la fase de iniciación, correspondiente del día 0 al día 8, y muestra los parámetros productivos de los 12 tratamientos evaluados. Estos tratamientos mostraron diferencias significativas en todas las variables, excepto en el índice de conversión alimenticia (ICA).

Según Iglesias y Ramos (2023), reducir la cantidad de energía a una dieta para pollos de engorde puede resultar en un menor crecimiento de las aves, llevando a una pérdida de peso. Sin embargo, para efectos de este estudio, los resultados obtenidos en peso vivo individual oscilaron entre 0.16 kg y 0.18 kg, siendo el tratamiento T12 (dieta hipocalórica con pigmento amarillo-rojo) el que mostró el mayor peso vivo, sin embargo, los tratamientos T11 (dieta hipercalórica con pigmento amarillo-rojo), T9 (dieta hipocalórica con pigmento rojo), T8 (dieta hipercalórica con pigmento rojo), T6 (dieta hipocalórica con pigmento amarillo) y T3 (dieta hipocalórica) mostraron una tendencia similar. Los tratamientos con dietas isocalóricas mostraron la tendencia de ser los tratamientos con pesos vivos más bajos.

El consumo de alimento por ave varió de 0.13 kg a 0.16 kg, siendo mayor en los tratamientos hipocalóricos a excepción de su respectivo tratamiento control que mostro una tendencia más baja. Según Iglesias y Ramos (2023), los pollos de engorde regulan su consumo según el aporte energético que le proporciona la dieta. Una dieta nutricionalmente equilibrada es consumida hasta satisfacer la cantidad de energía diaria necesaria. Esto sugiere que el incremento en la ingesta de dietas con menos calorías es una forma de compensar la menor densidad energética. Por otro lado, los tratamientos que mostraron las tendencias más bajas fueron T1 (dieta isocalórica), T2 (dieta hipercalórica), T5 (dieta hipercalórica con pigmento amarillo) y T11 (dieta hipercalórica con pigmento amarillo-rojo).

Según Ponce Dávila y Deras Alvarado (2021) el uso de niveles reducidos de energía metabolizable contribuye positivamente al peso vivo. En este sentido, los resultados para los días 0 a 8 indican que la ganancia de peso fue superior en los tratamientos hipocalóricos (T3, T6, T9, T12), mientras que el tratamiento isocalórico con pigmento rojo y amarillo (T10) mostro menores

incrementos en el peso corporal (Cuadro 2). En relación con el índice de conversión alimenticia (ICA), se observó que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos evaluados. Esto sugiere que las variaciones en las condiciones de manejo o en la composición de los alimentos no afectaron de manera notable la eficiencia alimentaria en los grupos analizados. Según Jaramillo (2017), durante la etapa de inicio que corresponde a los primeros días de vida del pollo de engorde se tiene la mayor eficiencia alimenticia de toda su vida productiva. En esta etapa, el 80% del alimento consumido es destinado para el crecimiento y el 20% restante para mantenimiento.

## Cuadro 2

### *Evaluación de los parámetros productivos en pollos de engorde Cobb500™ (0- 8 días)*

Tratamiento	Peso Vivo Individual (kg)	Consumo/Ave (kg)	Ganancia de Peso (kg)	ICA
T1 – Iso	0.159 <sup>d</sup>	0.136 <sup>def</sup>	0.111 <sup>d</sup>	0.85
T2 – Hiper	0.163 <sup>cd</sup>	0.133 <sup>fg</sup>	0.120 <sup>bc</sup>	0.81
T3 – Hipo	0.171 <sup>ab</sup>	0.149 <sup>b</sup>	0.127 <sup>a</sup>	0.87
T4 – Iso+PA	0.159 <sup>d</sup>	0.138 <sup>cde</sup>	0.111 <sup>d</sup>	0.86
T5 – Hiper+PA	0.169 <sup>bc</sup>	0.129 <sup>g</sup>	0.119 <sup>c</sup>	0.76
T6 – Hipo+PA	0.174 <sup>ab</sup>	0.150 <sup>b</sup>	0.128 <sup>a</sup>	0.86
T7 – Iso+PR	0.158 <sup>d</sup>	0.138 <sup>cde</sup>	0.111 <sup>d</sup>	0.87
T8 – Hiper+PR	0.173 <sup>ab</sup>	0.142 <sup>c</sup>	0.118 <sup>cd</sup>	0.82
T9 – Hipo+PR	0.171 <sup>ab</sup>	0.155 <sup>a</sup>	0.122 <sup>ab</sup>	0.91
T10 – Iso+PAR	0.158 <sup>d</sup>	0.139 <sup>cd</sup>	0.110 <sup>e</sup>	0.88
T11 – Hiper+PAR	0.173 <sup>ab</sup>	0.135 <sup>ef</sup>	0.118 <sup>cd</sup>	0.77
T12 – Hipo+PAR	0.176 <sup>a</sup>	0.159 <sup>a</sup>	0.122 <sup>ab</sup>	0.90
EE ±	0.0603	0.0095	0.0064	0.05
Valor P	0.0001	0.0001	0.0001	0.2438

*Nota.* T1: Dieta isocalórica; T2: Dieta hipercalórica; T3: Dieta hipocalórica; T4: Dieta isocalórica + pigmento amarillo; T5: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo; T6: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo; T7: Dieta isocalórica + pigmento rojo; T8: Dieta hipercalórica + pigmento rojo; T9: Dieta hipocalórica + pigmento rojo; T10: Dieta isocalórica + pigmento amarillo-rojo; T11: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo-rojo; T12: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo-rojo.

El Cuadro 3 muestra la fase de desarrollo del día 9 al 18, el cual indica los parámetros productivos y los doce tratamientos evaluados, estos presentaron diferencias significativas en todas las variables. Se observa que el tratamiento con dieta hipocalórica y la inclusión de pigmentos rojos (T9) mostró el mayor peso vivo individual entre los días 9 y 18, alcanzando hasta 0.75 kg (Cuadro 3). Por otro lado, los tratamientos isocalóricos (T1, T4, T7, T10) registraron los valores más bajos de peso vivo.

El consumo de alimento por ave fue mayor en los tratamientos hipocalóricos (T9, T12), sugiriendo una posible compensación por la menor densidad energética de las dietas. Esta observación se confirma con lo señalado por Quishpe Sandoval (2006), quien indica que el consumo de alimento aumentará a medida que disminuye el contenido energético de la dieta, hasta alcanzar un límite determinado ya sea por la capacidad del intestino o por otras restricciones fisiológicas. Por otro lado, todas las dietas isocalóricas (T1, T4, T7, T10) muestran los valores más bajos en términos de consumo por ave.

En cuanto a la ganancia de peso, el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento hipocalórico con pigmento rojo (T9), mientras que todos los tratamientos isocalóricos (T1, T4, T7, T10) presentaron nuevamente los valores más bajos. Mientras que las dietas hipercalóricas tienden a mostrar un aumento moderado en la ganancia de peso. Coincidiendo con la investigación de Horna Morillo (2017), que sustenta que los pollos que consumieron dietas con altas densidades calóricas muestran un aumento considerable en la ganancia de peso.

En lo que respecta al índice de conversión alimenticia (ICA), el tratamiento con dieta hipocalórica y pigmento amarillo y rojo (T12) mostró un índice más elevado, lo que indica una menor eficiencia en la conversión alimenticia. Por otro lado, las dietas hipercalóricas (T4, T10) se destacaron por tener un índice más bajo, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la conversión. Coincidiendo con la investigación de Ponce Dávila y Deras Alvarado (2021) que encontró que los tratamientos con niveles de energía de 3075 kcal/kg y 3025 kcal/kg mostraron el mejor índice de conversión alimenticia.

**Cuadro 3**

*Evaluación de los parámetros productivos en pollos de engorde Cobb500™ (9-18 días)*

Tratamiento	Peso Vivo Individual (kg)	Consumo/Ave (kg)	Ganancia de Peso (kg)	ICA
T1 – Iso	0.641 <sup>f</sup>	0.775 <sup>f</sup>	0.481 <sup>e</sup>	1.20 <sup>d</sup>
T2 – Hiper	0.686 <sup>de</sup>	0.826 <sup>de</sup>	0.523 <sup>cd</sup>	1.20 <sup>d</sup>
T3 – Hipo	0.684 <sup>de</sup>	0.857 <sup>b</sup>	0.512 <sup>cd</sup>	1.25 <sup>b</sup>
T4 – Iso+PA	0.621 <sup>g</sup>	0.757 <sup>g</sup>	0.461 <sup>f</sup>	1.17 <sup>e</sup>
T5 – Hiper+PA	0.677 <sup>e</sup>	0.821 <sup>e</sup>	0.507 <sup>d</sup>	1.21 <sup>c</sup>
T6 – Hipo+PA	0.715 <sup>b</sup>	0.867 <sup>b</sup>	0.540 <sup>b</sup>	1.21 <sup>c</sup>
T7 – Iso+PR	0.624 <sup>g</sup>	0.765 <sup>fg</sup>	0.465 <sup>ef</sup>	1.22 <sup>bc</sup>
T8 – Hiper+PR	0.701 <sup>bc</sup>	0.841 <sup>c</sup>	0.528 <sup>c</sup>	1.20 <sup>d</sup>
T9 – Hipo+PR	0.752 <sup>a</sup>	0.879 <sup>a</sup>	0.581 <sup>a</sup>	1.20 <sup>d</sup>
T10 – Iso+PAR	0.637 <sup>fg</sup>	0.755 <sup>g</sup>	0.478 <sup>ef</sup>	1.18 <sup>e</sup>
T11 – Hiper+PAR	0.692 <sup>cd</sup>	0.843 <sup>d</sup>	0.519 <sup>cd</sup>	1.20 <sup>d</sup>
T12 – Hipo+PAR	0.681 <sup>de</sup>	0.879 <sup>a</sup>	0.505 <sup>d</sup>	1.29 <sup>a</sup>
EE ±	0.2573	0.3431	0.1977	0.18
Valor P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

*Nota.* T1: Dieta isocalórica; T2: Dieta hipercalórica; T3: Dieta hipocalórica; T4: Dieta isocalórica + pigmento amarillo; T5: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo; T6: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo; T7: Dieta isocalórica + pigmento rojo; T8: Dieta hipercalórica + pigmento rojo; T9: Dieta hipocalórica + pigmento rojo; T10: Dieta isocalórica + pigmento amarillo-rojo; T11: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo-rojo; T12: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo-rojo.

El Cuadro 4 presenta la fase de finalización, correspondiente del día 19 al 32, donde se indican los parámetros productivos de los doce tratamientos evaluados, los cuales mostraron diferencias significativas en todas las variables.

En cuanto al peso vivo individual (PV), se observó que las dietas hipocalóricas (T3, T6, T9, T11, T12) tendieron a promover pesos más altos. Esto sugiere que una reducción en la energía metabolizable puede no solo mantener, sino en algunos casos mejorar, el crecimiento de los pollos. Esto es consistente con los hallazgos de Morales Cortéz (2000), quien, en su investigación, descubrió que el peso corporal aumenta a medida que disminuye el nivel energético. Por otro lado, nuevamente los tratamientos isocalóricos mostraron tendencias más bajas (T1, T4, T7, T10).

En términos de consumo acumulado de alimento, la dieta que mostro el valor más alto fue el tratamiento hipocalórico (T3, T6, T9), indicando una posible mayor ingesta para compensar la menor disponibilidad energética. Esto concuerda con Arjona Smith y Guevara (2019), quien indica que las aves tienen una tendencia a reducir el consumo de alimentos a medida que aumenta la densidad de calorías en las dietas. Esto se debe a que las aves tienden a consumir más alimento en tratamientos

con menor densidad energética para cubrir sus necesidades metabólicas de energía. Esto contrasta con las dietas hipercalóricas (T5, T11), que registraron consumos más bajos.

La ganancia de peso en los pollos de engorde varió entre los diferentes tratamientos. Las dietas hipocalóricas e hipercalóricas mostraron una mayor ganancia de peso, con T12 (dieta hipocalórica + pigmento rojo y amarillo) alcanzando la mayor ganancia de 1.24 kg (Cuadro 4). Esto sugiere que, al menos en algunos casos, las dietas con menor densidad energética pueden ser beneficiosas para la ganancia de peso, debido a un mayor consumo de alimento por parte de las aves para satisfacer sus necesidades energéticas, lo cual concuerda con Morales Cortéz (2000), quien, a partir de sus investigaciones, descubrió que a medida que disminuye el nivel energético, el peso corporal va en aumento. Por otro lado, las dietas isocalóricas volvieron a presentar los resultados más bajos, mientras que las dietas hipercalóricas mostraron una mayor variabilidad, con resultados que oscilaron entre niveles bajos, intermedios y altos.

El índice de conversión alimenticia (ICA) mostró diferencias ( $P = 0.0001$ ) entre los distintos niveles de densidad energética. La dieta Hipocalórica con pigmento rojo (T9) mostró una menor eficiencia en la conversión alimenticia, siendo T5 y T4 (dieta hipercalórica e isocalórica) las que presentaron el mejor ICA (1.26) (Cuadro 4). La tendencia antes descrita se puede observar también en el estudio hecho por Arjona Smith y Guevara (2019) quienes observaron que los tratamientos con mayores densidades energéticas presentaban una menor conversión alimenticia, siendo estos más eficientes. En contraste, las dietas hipocalóricas (T3, T6, T9, T12) mostraron un ICA menos eficiente en comparación a los otros niveles de energía, con T9 (dieta hipocalórica) registrando el peor ICA de 1.40, coincidiendo con Iglesias y Ramos (2023) quienes especifican que el consumo de alimento aumenta con una reducción en la eficiencia de conversión.

**Cuadro 4**

*Evaluación de los parámetros productivos en pollos de engorde Cobb500™ (19-32 días)*

Tratamiento	Peso Vivo Individual (kg)	Consumo/Ave (kg)	Ganancia de Peso (kg)	ICA
T1 – Iso	1.82 <sup>e</sup>	2.59 <sup>b</sup>	1.18 <sup>c</sup>	1.36 <sup>c</sup>
T2 – Hiper	1.89 <sup>cd</sup>	2.48 <sup>c</sup>	1.20 <sup>ab</sup>	1.36 <sup>c</sup>
T3 – Hipo	1.92 <sup>a</sup>	2.66 <sup>ab</sup>	1.23 <sup>a</sup>	1.38 <sup>b</sup>
T4 – Iso+PA	1.81 <sup>e</sup>	2.40 <sup>cd</sup>	1.19 <sup>c</sup>	1.27 <sup>ef</sup>
T5 – Hiper+PA	1.90 <sup>cd</sup>	2.31 <sup>e</sup>	1.22 <sup>ab</sup>	1.26 <sup>f</sup>
T6 – Hipo+PA	1.92 <sup>a</sup>	2.60 <sup>ab</sup>	1.21 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>e</sup>
T7 – Iso+PR	1.82 <sup>e</sup>	2.51 <sup>bc</sup>	1.19 <sup>c</sup>	1.30 <sup>e</sup>
T8 – Hiper+PR	1.86 <sup>d</sup>	2.37 <sup>d</sup>	1.16 <sup>bc</sup>	1.38 <sup>b</sup>
T9 – Hipo+PR	1.91 <sup>ab</sup>	2.69 <sup>a</sup>	1.17 <sup>c</sup>	1.40 <sup>a</sup>
T10 – Iso+PAR	1.81 <sup>e</sup>	2.43 <sup>c</sup>	1.17 <sup>c</sup>	1.34 <sup>d</sup>
T11 – Hiper+PAR	1.92 <sup>a</sup>	2.31 <sup>e</sup>	1.23 <sup>a</sup>	1.37 <sup>bc</sup>
T12 – Hipo+PAR	1.92 <sup>a</sup>	2.66 <sup>b</sup>	1.24 <sup>a</sup>	1.39 <sup>b</sup>
EE ±	0.6054	0.8656	0.3484	0.07
Valor P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

*Nota.* T1: Dieta isocalórica; T2: Dieta hipercalórica; T3: Dieta hipocalórica; T4: Dieta isocalórica + pigmento amarillo; T5: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo; T6: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo; T7: Dieta isocalórica + pigmento rojo; T8: Dieta hipercalórica + pigmento rojo; T9: Dieta hipocalórica + pigmento rojo; T10: Dieta isocalórica + pigmento amarillo-rojo; T11: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo-rojo; T12: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo-rojo.

El Cuadro 5 (cuadro de contingencia) muestra cómo la distribución de los pigmentos (Amarillo, Combinación, Rojo, Sin Pigmento) varía según el nivel de energía (Hipercalórica, Hipocalórica, Isocalórica) y el nivel de apreciación (Alto, Bajo, Medio). En condiciones hipercalóricas, un alto nivel de apreciación se asocia principalmente con el pigmento Amarillo (45.83%), mientras que, con un nivel bajo de apreciación, el pigmento Rojo predomina de manera significativa (95.83%). En el nivel medio de apreciación para la energía hipercalórica, hay una distribución más equitativa de pigmentos, con un notable aumento en la categoría Sin Pigmento (66.66%). Esto coincide con lo que Uculmana M. (2020) sostiene en sus investigaciones, donde afirma que cualquier factor que afecte la ingesta de alimento, como altos niveles de energía en la dieta, reducirá la pigmentación.

Por otro lado, la dieta hipocalórica obtuvo una apreciación alta. Este tratamiento se asoció con una prevalencia del 87.50% de pigmentos amarillos, destacándose significativamente frente a otros tipos de energía. Además, el valor de Chi-Cuadrado ( $P = 0.001$ ) confirma una fuerte dependencia entre la dieta hipocalórica y la mayor intensidad en la pigmentación deseada. Estos resultados sugieren que la dieta hipocalórica es la opción más adecuada para optimizar la pigmentación en el

contexto evaluado. Estos resultados son consistentes con la investigación de Wernick et al. (2023), que señala que las principales líneas genéticas recomiendan solo un nivel mínimo de EM en las dietas. Este componente dietético está vinculado a la absorción de nutrientes, incluidos los pigmentos.

Los resultados de la prueba de Chi-cuadrado para cada nivel de energía (Hipercalórica, Hipocalórica, Isocalórica) y el valor total indican que hay una asociación estadísticamente significativa entre el nivel de energía y la apreciación del pigmento en todas las condiciones evaluadas.

### Cuadro 5

*Evaluación de diferentes niveles de energía metabolizable en la pigmentación de pollos de engorde*

Energía	Apreciación	Amarillo (%)	Combinación (%)	Rojo (%)	Sin Pigmento (%)	P	X <sup>2</sup>
Hipercalórica	Alto	45.83	4.16	0.00	0.00	0.001	57.08
	Bajo	20.83	58.33	95.83	33.33		
	Medio	33.33	37.50	4.16	66.66		
Hipocalórica	Alto	87.50	58.33	45.83	0.00	0.001	51.05
	Bajo	0.00	0.00	12.50	50.00		
	Medio	12.50	41.66	41.66	50.00		
Isocalórico	Alto	0.00	0.00	54.16	0.00	0.001	68.88
	Bajo	66.66	45.83	4.16	95.83		
	Medio	33.33	54.16	41.66	4.16		

### **Conclusiones**

Las dietas hipocalóricas resultaron ser las más efectivas para alcanzar un mayor peso vivo y una mayor ganancia de peso en los pollos de engorde. Aunque estas dietas demandaron un mayor consumo de alimento para compensar su menor densidad energética, lograron mejorar significativamente el crecimiento de las aves.

Las dietas hipocalóricas fueron las más efectivas para intensificar la pigmentación amarilla en los pollos de engorde, con una prevalencia alta en el nivel de apreciación. Existe una asociación significativa entre el tipo de dieta y la apreciación del pigmento, destacando la dieta hipocalórica como la opción óptima para mejorar la pigmentación.

### **Recomendaciones**

Evaluar la influencia de los pigmentos en la dieta de los pollos de engorde, no solo en la pigmentación de la carne, sino también en el crecimiento, salud y eficiencia de conversión alimenticia.

Investigar si las dietas hipocalóricas pueden tener efectos positivos en la ganancia de peso, entendiendo cómo una menor densidad energética puede ser compensada por un mayor consumo de alimento y su impacto en el crecimiento y desarrollo de las aves.

Llevar a cabo un análisis económico para considerar los costos asociados con cada tipo de dieta y evaluar el impacto en los beneficios, como la mejora en la pigmentación y su efecto en el valor de mercado de los productos.

### Referencias

- Arjona Smith, M. I. y Guevara, V. (2019). Efecto de diferentes niveles de densidad de nutrientes sobre el comportamiento productivo y metabolismo energético de pollos de engorde. *Investigaciones Agropecuarias*, 2(1). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/222/222973001/index.html>
- Azevedo Murarolli, R. (2007). *Efeitos de diferentes relações dietéticas de energia metabolizável: Proteína bruta e do peso inicial de pintos sobre o desempenho e o rendimento de carcaça em frangos de corte: Machos; Femeas* [Tesis]. Universidade de Sao Paulo, Pirassununga, Brazil. [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-15062007-142111/publico/Rafael\\_Azevedo\\_Murarolli.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-15062007-142111/publico/Rafael_Azevedo_Murarolli.pdf)
- Cuéllar Sáenz, J. A. (2022). *Mercado del huevo de gallina y pollo de engorde: actualidad y perspectivas*. Veterinaria Digital. Artículo Avicultura. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/mercado-del-huevo-de-gallina-y-pollo-de-engorde-actualidad-y-perspectivas/>
- Horna Morillo, F. A. (2017). *Comportamiento productivo de pollos de carne con dietas de diferentes densidades energéticas y niveles de perfil de proteína ideal* [Tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3075/L02-H6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Iglesias, B. y Ramos, L. (2023). *Dietas bajas en energía y proteína en aves de engorde*. nutriNews.com. Formulación. <https://nutrinews.com/dietas-bajas-en-energia-y-proteina-en-aves-de-engorde/>
- Jaramillo, F. (2017). *La crianza del pollito de engorde: Primeros 14 días de vida* (Solla Notas). Solla Nutrición Animal. <https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/LA%20CRIANZA%20DEL%20POLLITO%20DE%20ENGORDE.pdf>
- Lee, E. y Zhao, A. (2022). *Aplicación de pigmento (luteína) en pollos de engorde*. Engormix. Hepatoprotectores en aves. [https://www.engormix.com/avicultura/hepatoprotectores-aves/aplicacion-pigmento-luteina-pollos\\_a49418/](https://www.engormix.com/avicultura/hepatoprotectores-aves/aplicacion-pigmento-luteina-pollos_a49418/)
- Morales Cortéz, L. D. (2000). *Reducción de la energía en dietas de pollos de engorde, durante los primeros siete días* [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6867d80c-0a96-4903-a08d-64c09732c033/content>
- Ponce Dávila, J. P. y Deras Alvarado, J. P. (2021). *Efectos de la interacción de niveles de energía metabolizable y fuentes de ácidos grasos saturados en la productividad y características de la canal de pollos de engorde* [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c5157b22-10fe-4283-8114-5cf416ccfbd1/content>
- Quishpe Sandoval, G. J. (2006). *Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y postura* [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. [https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/eb4e10d9-bf90-4a47-8171-14f048cdfa0e/content#:~:text=Por%20lo%20tanto%20con%20base,de%20manejo%20\(Diggins%201991\).](https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/eb4e10d9-bf90-4a47-8171-14f048cdfa0e/content#:~:text=Por%20lo%20tanto%20con%20base,de%20manejo%20(Diggins%201991).)

- Ruiz, B. (2015). *La pigmentación de pollo y huevo vale la pena*. WattPoultry: La revista para empresarios y profesionales en la avicultura latinoamericana. <https://www.industriaavicola.net/blog/la-pigmentacion-de-pollo-y-huevo-vale-la-pena/>
- Torres-Novoa, D. M. (2018). Exigencias nutricionales de proteína bruta y energía metabolizable para pollos de engorde. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental (RIAA)*, 9(1), 105–113. <https://doi.org/10.22490/21456453.2052>
- Uculmana M., C. (2020). *Energía metabolizable y su relación con fuentes de energía en avicultura*. Actualidad Avipecuaria. <https://actualidadavipecuaria.com/energia-metabolizable-y-su-relacion-con-fuentes-de-energia-en-avicultura/>
- USGC. (2024). *El consejo suma tre nuevos clientes para el aceite de destilados de maíz (DCO) en México*. U.S. Grains Council. News & Events. <https://grains.org/mexico/news/el-consejo-suma-tres-nuevos-clientes-para-el-aceite-de-destilados-de-maiz-dco-en-mexico/>
- Wernick, B., Gordillo, A., Shastak, Y. y Crouzet, R. (2023). *Beneficios y optimización de la pigmentación avícola*. aviNews.com. Nutrición Animal. <https://avinews.com/beneficios-y-optimizacion-de-la-pigmentacion-avicola/>

## Anexos

### Anexo A

#### *Ingredientes y aportes nutricionales de dieta (0-8 días)*

Ingredientes	T1*	T2*	T3*	T4-T7*	T5-T8*	T6-T9*	T10*	T11*	T12*
Maíz	50.00	47.30	52.50	49.995	47.295	52.495	49.99	47.29	52.49
Aceite	4.00	6.70	2.00	4.00	6.70	2.00	4.00	6.70	2.00
DDG	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70
Harina de soya	35.00	35.00	34.50	35.00	35.00	34.50	35.00	35.00	34.50
Carbonato de calcio grueso	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
BIOFOS	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Sal común	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Premezcla de pollos	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Metionina	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Lisina	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Treonina	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Probiótico	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Secuestrante de micotoxinas	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Carophyll	0.00	0.00	0.00	0.005	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Nota.* Dieta isocalórica; T2: Dieta hipercalórica; T3: Dieta hipocalórica; T4: Dieta isocalórica + pigmento amarillo; T5: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo; T6: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo; T7: Dieta isocalórica + pigmento rojo; T8: Dieta hipercalórica + pigmento rojo; T9: Dieta hipocalórica + pigmento rojo; T10: Dieta isocalórica + pigmento amarillo-ojo; T11: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo-rojo; T12: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo-rojo.

## Anexo B

### *Ingredientes y aportes nutricionales de dieta (9-18 días)*

Ingredientes	T1*	T2*	T3*	T4-T7*	T5-T8*	T6-T9*	T10*	T11*	T12*
Maíz	50.00	47.50	52.00	49.995	47.45	51.995	49.99	47.49	51.99
Aceite	5.50	8.00	3.50	5.50	8.00	3.50	5.50	8.00	3.50
DDG	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Harina de soya	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Carbonato de calcio grueso	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
BIOFOS	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Sal común	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Premezcla de pollos	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Metionina	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Lisina	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Treonina	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cocciostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Probiótico	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Secuestrante de micotoxinas	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Carophyll	0.00	0.00	0.00	0.005	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Nota.* Dieta isocalórica; T2: Dieta hipercalórica; T3: Dieta hipocalórica; T4: Dieta isocalórica + pigmento amarillo; T5: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo; T6: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo; T7: Dieta isocalórica + pigmento rojo; T8: Dieta hipercalórica + pigmento rojo; T9: Dieta hipocalórica + pigmento rojo; T10: Dieta isocalórica + pigmento amarillo-ojo; T11: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo-rojo; T12: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo-rojo.

## Anexo C

*Ingredientes y aportes nutricionales de dieta (19-32 días)*

Ingredientes	T1*	T2*	T3*	T4-T7*	T5-T8*	T6-T9*	T10*	T11*	T12*
Maíz	38.00	35.50	40.00	37.995	35.4953	39.995	37.99	35.49	39.99
Aceite	6.00	8.50	4.00	6.00	8.50	4.00	6.00	8.50	4.00
Semolina de arroz	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Harina de coquito	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
DDG	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Harina de soya	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
Carbonato de calcio grueso	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
BIOFOS	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Sal común	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Premezcla de pollos	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Metionina	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Lisina	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Treonina	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Probiótico	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Secuestrante de micotoxinas	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Carophyll	0.00	0.00	0.00	0.005	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Nota.* Dieta isocalórica; T2: Dieta hipercalórica; T3: Dieta hipocalórica; T4: Dieta isocalórica + pigmento amarillo; T5: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo; T6: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo; T7: Dieta isocalórica + pigmento rojo; T8: Dieta hipercalórica + pigmento rojo; T9: Dieta hipocalórica + pigmento rojo; T10: Dieta isocalórica + pigmento amarillo-ojo; T11: Dieta hipercalórica + pigmento amarillo-rojo; T12: Dieta hipocalórica + pigmento amarillo-rojo