

# UCUENCA

**Universidad de Cuenca**

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria

**Influencia de la suplementación de tres fuentes comerciales de xantofilas amarillas en la dieta de pollos de engorde sobre la intensidad del pigmento y su impacto económico**


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista

**Autor:**

Juan Sebastián Zambrano Mora

**Director:**

Diego Fernando Rodríguez Saldaña

ORCID:  0000-0001-7143-4250

**Cuenca, Ecuador**

2025-06-01

## Resumen

El color de la piel y la carne en los pollos de engorde es un factor clave en la aceptación del producto por parte del consumidor. Por ello, la pigmentación mediante xantofilas, especialmente las derivadas de flores de Marigold (*Tagetes erecta*), es una práctica común en la industria avícola debido a su alta eficacia. Este estudio evaluó el efecto de tres fuentes comerciales de xantofilas en diferentes períodos de crianza, utilizando 777 pollos Cobb 500 distribuidos en tres tratamientos: pigmento líquido GP Oro al 1,5% (T1), pigmento premix en polvo GP Oro al 4% (T2) y pigmento premix en polvo Xantinex al 4% (T3), con siete repeticiones por tratamiento. Se evaluó la pigmentación visual de tarsos y apterilos a los 28, 35, 42 y 49 días, así como la coloración de la pechuga en fresco y tras 24 horas de refrigeración a los 42 y 49 días. Los resultados mostraron que el T1 presentó la mayor intensidad de coloración en comparación con T2 y T3, especialmente a los 42 y 49 días, tanto en animales vivos como en pechugas post sacrificio. Aunque T2 y T3 no alcanzaron la intensidad del T1, lograron niveles aceptables de pigmentación y mostraron ventajas puntuales durante la crianza. Desde el enfoque económico, todos los tratamientos incrementaron los costos de producción, con valores que variaron a lo largo del tiempo. A los 42 días, el costo por kilogramo de alimento fue de \$0,076 para el T1, \$0,054 para el T2 y \$0,061 para el T3; mientras que a los 49 días estos valores aumentaron a \$0,118, \$0,081 y \$0,089 respectivamente. En conclusión, las xantofilas comerciales utilizadas influyen significativamente en la pigmentación de los pollos, y aunque elevan los costos, su uso está justificado por la mejora estética del producto y su mayor aceptación por parte del consumidor.

*Palabras clave del autor:* xantofilas, pigmentos comerciales, pigmentación



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

The color of the skin and meat in broiler chickens is a key factor in consumer acceptance of the product. Therefore, pigmentation through xanthophylls particularly those derived from Marigold flowers (*Tagetes erecta*) is a common practice in the poultry industry due to their high efficacy. This study evaluated the effect of three commercial sources of xanthophylls during different rearing periods, using 777 Cobb 500 broiler chickens distributed across three treatments: liquid pigment GP Oro at 1.5% (T1), premix powder pigment GP Oro at 4% (T2), and premix powder pigment Xantinex at 4% (T3), with seven replicates per treatment. Visual pigmentation of shanks and apteria was assessed at 28, 35, 42, and 49 days, as well as breast coloration both fresh and after 24 hours of refrigeration at 42 and 49 days. Results showed that T1 exhibited the highest pigmentation intensity compared to T2 and T3, especially at 42 and 49 days, both in live birds and post-slaughter breast evaluations. Although T2 and T3 did not reach the same intensity as T1, they achieved acceptable levels of pigmentation and showed specific advantages at certain rearing stages. From an economic perspective, all treatments increased production costs, with values varying over time. At 42 days, the cost per kilogram of feed was \$0.076 for T1, \$0.054 for T2, and \$0.061 for T3; by 49 days, these values increased to \$0.118, \$0.081, and \$0.089, respectively. In conclusion, the commercial xanthophyll sources used significantly influence chicken pigmentation, and although they raise production costs, their use is justified by the improved aesthetic quality of the product and its greater acceptance by consumers.

*Author Keywords:* xanthophylls, Commercial pigments, Pigmentation



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>9</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. Objetivo general</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>3. Abreviaturas</b> .....	<b>14</b>
<b>4. Revisión de Literatura</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1. Aditivos picmentantes</b> .....	<b>15</b>
4.1.1. Carotenoides.....	15
4.1.2. Carotenos.....	16
4.1.3. Xantofilas.....	17
<b>4.2. Fuentes de xantofilas en la avicultura</b> .....	<b>18</b>
<b>4.3. Digestión, absorción y metabolismo de las xantofilas en avicultura</b> .....	<b>20</b>
<b>4.4. Factores que influyen en la absorción, metabolismo y deposición de los pigmentos en avicultura</b> .....	<b>21</b>
4.4.1. Alimentación.....	21
4.4.2. Pollo de engorde.....	24
4.4.3. Procesamiento.....	26
<b>4.5. Depósito del pigmento</b> .....	<b>27</b>
<b>4.6. Impacto de los pigmentos en la producción</b> .....	<b>28</b>
<b>4.7. Preferencias del consumidor</b> .....	<b>29</b>
<b>5. Materiales y Métodos</b> .....	<b>30</b>
<b>5.1. Área de estudio</b> .....	<b>30</b>
<b>5.2. Metodología</b> .....	<b>30</b>
5.2.1. Tratamientos.....	30
5.2.2. Distribución de unidades experimentales.....	31

5.2.3. Variables .....	32
5.2.4. Metodología de medición y toma de datos .....	32
5.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico .....	38
<b>6. Resultados y discusión .....</b>	<b>39</b>
6.1. Intensidad de pigmentación con el abanico colorimétrico de DSM para piel de pollo 39	
6.2. Intensidad de pigmentación con el abanico colorimétrico de Quimtia para piel de pollo.....	41
6.3. Intensidad de pigmentación con el abanico colorimétrico de DSM para yema de huevo.....	44
6.4. Análisis económico .....	47
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>51</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>52</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>61</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Isomerización de las grasas alimenticias.....	23
<b>Figura 2.</b> Descripción geográfica del lugar de la investigación.....	30
<b>Figura 3.</b> Abanico calorimétrico de pollo de la empresa DSM.....	33
<b>Figura 4.</b> Abanico calorimétrico de pollo de la empresa Quimtia .....	34
<b>Figura 5.</b> Abanico calorimétrico de yema de huevo de la empresa DSM.....	34
<b>Figura 6.</b> Medición de la intensidad del pigmento a nivel del tarso <i>in vivo</i> .....	35
<b>Figura 7.</b> Medición de la intensidad del pigmento a nivel del apterilo <i>in vivo</i> .....	35
<b>Figura 8.</b> Medición de la intensidad del pigmento a nivel del apterilo izquierdo en canal caliente (0 horas posfaena) .....	36
<b>Figura 9.</b> Medición de la intensidad del pigmento a nivel de la pechuga en canal caliente (0 horas posfaena) .....	36
<b>Figura 10.</b> Medición de la intensidad del pigmento a nivel de la pechuga en canal refrigerada 24 hora posfaena .....	37

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los carotenoides preferenciales en la avicultura.....	16
<b>Tabla 2:</b> Principales fuentes de carotenoides utilizadas en la alimentación de pollos de engorde .....	17
<b>Tabla 3:</b> Principales xantofilas utilizadas en pollos de engorde.....	18
<b>Tabla 4.</b> Materias primas comunes con su respectivo valor en ppm de xantofilas.....	19
<b>Tabla 5.</b> Programa y perfil nutricional aplicado en el experimento .....	31
<b>Tabla 7.</b> Determinación de xantofilas totales por HPLC.....	33
<b>Tabla 8.</b> Valores de pigmentación de acuerdo con el abanico colorimétrico de DSM para piel de pollo en tarso, apterilo derecho y pechuga .....	40
<b>Tabla 9.</b> Valores de pigmentación de acuerdo con el abanico colorimétrico de Quimtia para piel de pollo en tarso, apterilo derecho y pechuga .....	43
<b>Tabla 10.</b> Valores de pigmentación de acuerdo con el abanico colorimétrico de DSM para yema de huevo en tarso, apterilo derecho y piel de la pechuga .....	46
<b>Tabla 11.</b> Costos de producción por unidad de peso de pollo vivo y faenado a los 42 y 49 días de edad .....	48
<b>Tabla 12.</b> Costos por concepto de pigmentación en pollo vivo y faenado a los 42 y 49 días de edad .....	49

## Índice de anexos

<b>Anexo A.</b> Ficha técnica GP Oro 1,5% .....	61
<b>Anexo B.</b> Ficha técnica GP Oro 4% .....	62
<b>Anexo C.</b> Ficha técnica Xantinex.....	63
<b>Anexo D.</b> Pruebas de normalidad y pruebas no paramétricas en Machos .....	64
<b>Anexo E.</b> Resumen de la prueba de hipótesis .....	65
<b>Anexo F.</b> Prueba de normalidad en machos .....	66
<b>Anexo G.</b> Resumen de la prueba de hipótesis enfocada en la pigmentación.....	66
<b>Anexo H.</b> Resultados de la prueba de normalidad en machos.....	67
<b>Anexo I.</b> Prueba de normalidad y no paramétricas en hembras.....	68
<b>Anexo J.</b> Resumen de prueba de hipótesis .....	69
<b>Anexo K.</b> Resumen de prueba de hipótesis enfocado en la pigmentación .....	69
<b>Anexo L.</b> Pruebas de normalidad en hembras.....	70
<b>Anexo M.</b> Evaluación de la pigmentación de la pechuga .....	71
<b>Anexo N.</b> Evaluación de la pigmentación del tarso.....	71
<b>Anexo O.</b> Evaluación de la pigmentación del <i>apterilo</i> .....	72
<b>Anexo P.</b> Implementación de un abanico externo para comparar la coloración .....	72
<b>Anexo Q.</b> Evaluación de la pigmentación tarsal durante el día 28 <i>in vivo</i> .....	73
<b>Anexo R.</b> Manipulación de los abanicos colorimétricos aplicados en el estudio.....	74
<b>Anexo S.</b> Manipulación eficiente de las aves durante el estudio.....	75
<b>Anexo T.</b> Evaluación de la pigmentación de la pechuga posfaena .....	76
<b>Anexo U.</b> Evaluación de la pigmentación de la pechuga post 24 horas de congelación .....	77
<b>Anexo V.</b> Etiquetado y transporte de las piezas de interés para el estudio .....	78
<b>Anexo W.</b> Resultados Determinación de Xantofilas totales por HPLC.....	79

## Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios, quien ha iluminado y acompañado cada paso de mi camino durante esta etapa de mi vida. Su presencia constante me brindó fortaleza en los momentos más difíciles, y me dio la sabiduría y el coraje necesarios para enfrentar las batallas y tomar las decisiones que marcaron mi recorrido universitario. Gracias por nunca soltarme y por estar siempre a mi lado, dándome la paz y la dirección que tanto necesitaba.

A mi madre, quien ha sido mi mayor fuente de apoyo y fortaleza en cada paso de mi vida. Gracias por tu amor incondicional, por tus sacrificios y por enseñarme el verdadero significado de la perseverancia. Tu dedicación y tu fe en mí han sido las fuerzas que me han impulsado a seguir adelante, incluso cuando las dificultades parecían abrumadoras.

A mi padre, quien me enseñó a amar esta maravillosa profesión y me transmitió el verdadero valor del trabajo duro. Gracias por ser mi guía en los momentos iniciales de mi formación, por mostrarme que la perseverancia y el esfuerzo son las claves para alcanzar cualquier meta.

A mi amor, quien ha sido mi refugio y mi mayor fuente de inspiración durante este largo camino. Gracias por tu amor incondicional, por estar a mi lado en los momentos de incertidumbre y por ser mi apoyo inquebrantable. En cada momento difícil, me ayudaste a encontrar paz, y cada paso que doy es un reflejo de todo lo que compartimos. No solo me has acompañado en mi crecimiento académico, sino que también me has ayudado a crecer como persona.

Al Dr. Diego Rodríguez, mi tutor, por su generosidad al compartir sus conocimientos, su paciencia y su invaluable orientación a lo largo de este proceso. Gracias por su constante apoyo, por sus valiosas sugerencias y por guiarme con sabiduría en cada etapa de este trabajo.

## Dedicatoria

Con todo mi amor y profundo respeto, dedico esta tesis a la memoria de mi querido hermano, quien fue y seguirá siendo una fuente inagotable de inspiración en mi vida.

A ti, que con tu valentía y determinación luchaste cada día con una fuerza admirable. A ti, que, a pesar de las adversidades, nunca dejaste de sonreír ni de brindarme tu apoyo y tus sabios consejos. Aunque eras mi hermano menor, fuiste un gran maestro para mí, enseñándome con tu ejemplo el verdadero significado de la perseverancia, la esperanza y el amor incondicional.

Hoy celebro este logro con el corazón dividido entre la alegría de alcanzarlo y la tristeza de no poder compartirlo contigo en persona. Pero sé que, de alguna manera, sigues acompañándome, iluminando mi camino como siempre lo hiciste. Cada esfuerzo, cada página escrita y cada desafío superado llevan un pedacito de ti, porque tu amor y tus enseñanzas siguen vivos en mí.

## Introducción

La industria avícola ecuatoriana ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, posicionando a los productos avícolas como la principal fuente de proteína animal para los hogares del país. En este contexto, la carne de pollo destaca con un consumo *per cápita* anual de 28 kilogramos por persona (Agrocalidad, 2023; Moreta, 2023). Este alto nivel de consumo responde no solo a su accesibilidad y valor nutricional, sino también a la percepción positiva que los consumidores tienen sobre la calidad del producto. De acuerdo con Rodríguez et al. (2019), la intensidad del pigmento en la piel del pollo se encuentra entre los nueve atributos más valorados al momento de adquirir productos cárnicos, lo cual influye en la preferencia de compra en mercados públicos, donde los consumidores suelen realizar elecciones basadas en la apariencia visual del producto (Alvarado et al., 2012). El color de la piel del pollo es asociado con frescura, calidad, sabor y valor nutritivo (Mendoza, 2017), además de relacionarse con características como el bienestar animal y la rusticidad, favoreciendo la percepción de que se trata de un producto criollo o más natural (Rodríguez et al., 2019).

Al momento de la compra, el consumidor considera la apariencia visual como uno de los factores más determinantes para aceptar o rechazar un producto, siendo el color de la piel del pollo un atributo clave en dicha decisión. Esta característica puede ser modificada mediante el uso de xantofilas o pigmentos naturales, los cuales actúan como aditivos sensoriales capaces de intensificar la coloración de la piel, patas y picos de las aves, así como de la yema del huevo en gallinas de postura (Pita, 2022). Sin embargo, es importante señalar que las preferencias del consumidor varían según la región. Por ejemplo, en la zona centro del país, existe una tendencia a preferir pollos con piel más pálida. Esta elección está influenciada por factores culturales y de hábitos culinarios locales, ya que en estas regiones se relaciona la piel clara del pollo con una menor manipulación o procesamiento industrial, e incluso con una crianza más natural. Por tanto, la pigmentación no debe considerarse únicamente como un factor estético, sino también como un atributo cultural y comercial que responde a las exigencias específicas del mercado (Moreta, 2023).

Desde el punto de vista químico, los pigmentos naturales se refieren a los oxicarotenoides o xantofilas de naturaleza liposoluble que están presentes en varios ingredientes como el maíz y que proporcionan el color amarillo o naranja a los tejidos conjuntivos y grasos del pollo, además de otros productos avícolas como la yema de huevo (Tirado, 1991). La eficacia de la pigmentación en aves depende no solo de la inclusión de xantofilas en la dieta, sino también

de factores nutricionales, fisiológicos y de manejo. Para lograr una pigmentación óptima, se deben seguir directrices técnicas específicas (DSM, 2022), entre las que destacan: asegurar un mezclado homogéneo del alimento en planta, garantizar que las xantofilas estén presentes en la dieta al menos tres semanas antes del sacrificio, y mantener la temperatura de escaldado durante el faenamiento por debajo (pero cercana) a los 54 °C, para evitar la pérdida del pigmento depositado en la piel. Además, es fundamental monitorear el consumo adecuado de alimento por parte de las aves, ya que la ingesta insuficiente puede comprometer los niveles de pigmentación deseados. En ciertas condiciones de manejo, también se puede reforzar la pigmentación mediante la adición de xantofilas solubles en el agua de bebida (Mendoza, 2017).

En las últimas décadas, la industria avícola ha reducido significativamente el tiempo necesario para que los pollos de engorde alcancen el peso de mercado. Actualmente, estas aves suelen ser sacrificadas entre las 5 y 6 semanas de edad (35 a 42 días), alcanzando un peso promedio de 2 a 2.5 kg. Esta aceleración en el crecimiento ha llevado a una disminución en el consumo total de alimento por ave, lo que a su vez reduce la ingesta de pigmentos naturales, como las xantofilas, responsables de la coloración de la piel y patas del pollo (Martínez, 2003). Esta disminución en la pigmentación puede afectar la aceptación del producto por parte de los consumidores, quienes a menudo asocian un color más intenso con mayor calidad. Por ello, es fundamental evaluar el impacto de diferentes fuentes y productos comerciales de pigmentos en la intensidad de coloración de la piel y patas en pollos de engorde, considerando que el tiempo de crecimiento acelerado es un factor determinante en la deposición de estos pigmentos (Gordillo *et al.*, 2023).

Según Estévez & Carné, (2018), el uso de pigmentos naturales como fuentes de xantofilas no tiene un impacto significativo sobre los costos de producción. Además, la intensidad de pigmentación obtenida en pollos suplementados con xantofilas en la dieta justifica la inversión realizada, ya que estos animales son preferidos por los intermediarios y pueden alcanzar un precio diferencial en el mercado. Sin embargo, este beneficio dependerá del nivel de pigmentación que se desee alcanzar, el cual puede variar según los requerimientos comerciales. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres fuentes comerciales de pigmentos sobre la intensidad de pigmentación de la piel del pollo y su impacto económico.

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación de tres fuentes comerciales de xantofilas amarillas en la dieta de pollos de engorde sobre la intensidad del pigmento en piel y el impacto económico

### 1.2. Objetivos específicos

- Valorar el grado de pigmentación en patas y piel de pollos vivos a los 28, 35, 42 y 49 días de edad.
- Valorar el grado de pigmentación en la piel de pollos procesados en canal fría y caliente a los 42 y 49 días de edad.
- Realizar un análisis económico para determinar el impacto de la suplementación de xantofilas amarillas sobre los costos de producción y rentabilidad.

## 2. Abreviaturas

**ADN:** ácido desoxirribonucleico

**AG:** Ácidos grasos

**CD36:** Clúster de diferenciación 36, por sus siglas en inglés *Cluster Determinant 36*):

**NPC1L1:** Proteína tipo Niemann-Pick C1-Like 1, por sus siglas en inglés *Niemann-Pick-C1-Like*):

**ppm:** Partes por millón

**SR-BI:** Receptor tipo B de clase B, por sus siglas en inglés *Scavenger Receptor Class B Type*):

**T1:** Tratamiento con pigmento líquido (GP Oro al 1,5%)

**T2:** Tratamiento con pigmento premix polvo (GP oro al 4%)

**T3:** Tratamiento con pigmento premix polvo (Xantinex al 4%)

**Tx:** Tratamiento

**UE:** Unidad experimental

**XA:** Xantofilas amarillas

### 3. Revisión de Literatura

#### 3.1. Coloración de la carne

La coloración de la carne y piel del pollo es uno de los principales atributos organolépticos que influye en la decisión de compra del consumidor. En mercados exigentes, como el latinoamericano, la pigmentación amarilla uniforme se considera un símbolo de frescura, calidad e incluso de origen natural del producto, mientras que una piel pálida puede generar dudas sobre su procedencia o estado sanitario (Farbe, 2020). Esta percepción está tan arraigada que los pollos con piel de color blanco o amarillo claro suelen tener un precio de mercado inferior frente a aquellos con piel intensamente pigmentada (Wu et al., 2021)

Aunque el pollo de piel amarilla es ampliamente preferido, en algunas zonas específicas del Ecuador, como en la región centro, se observa una mayor aceptación del pollo con piel más pálida. Esta preferencia responde a factores culturales y hábitos de consumo local, donde se asocia la piel clara con menor procesamiento industrial o con aves criadas de forma más natural. Esto demuestra que las decisiones del consumidor no solo dependen del color, sino también del simbolismo que se le atribuye, influenciado por tradiciones y percepciones regionales (Hernández, 2018; Añoover & Díaz, 2021).

En Ecuador, la producción avícola se concentra principalmente en las provincias de Guayas (22%), Pichincha (16%) y Santo Domingo de los Tsáchilas (14%), la preferencia por el color de la piel del pollo en Ecuador varía según las regiones, influenciada por factores culturales y tradiciones locales. Aunque no se dispone de datos específicos y actualizados sobre las preferencias de color de piel del pollo en cada región del país, se puede inferir que, al igual que en otros países, estas preferencias están determinadas por hábitos culinarios y percepciones culturales (Alvarado et al., 2012; Benavides & Salazar, 2019).

#### 3.2. Aditivos pigmentantes

##### 3.2.1. Carotenoides

Los carotenoides son compuestos de origen terpénicos presentes de forma natural en una amplia variedad de fuentes biológicas, incluyendo frutas, verduras, cereales, leguminosas, algas, hongos y algunos microorganismos como bacterias y levaduras (Hamelin et al., 2012). Estos pigmentos liposolubles son responsables de aportar coloraciones que van del amarillo al rojo en los tejidos de las aves y en productos derivados como la yema de huevo. Además de su función colorante, los carotenoides poseen propiedades antioxidantes, ya que tienen la capacidad de neutralizar radicales libres que provocan daño celular, aunque dicha actividad antioxidante puede reducir su biodisponibilidad en el organismo (Gordillo et al., 2023).

Asimismo, actúan como agentes protectores frente a la degeneración oxidativa que puede alterar la estructura del ADN celular. Algunos carotenoides, como el  $\beta$ -caroteno, también son considerados provitaminas debido a que pueden ser transformados en vitamina A por los animales que los consumen a través de la dieta o suplementos alimenticios (Gordillo et al., 2023).

Los carotenoides son una familia de compuestos orgánicos con una estructura química de cadena de polieno que puede culminar en anillos. Además, absorben longitudes de onda específicas de luz visible como resultado son denominados pigmentos (Italcol, 2019). Actualmente, se han identificado alrededor de 600 carotenoides, mismos que se clasifican en dos importantes grupos que son los carotenos y las xantofilas (Zhu *et al.*, 2009). En la **Tabla 1**, se resumen los principales carotenoides empleados en la producción avícola, diferenciados por su origen (sintético o natural), color, tejido diana y fuente. Es particularmente destacable el uso de la cantaxantina y la zeaxantina, esta última extraída de la flor de *Marigold*, por su alta eficacia en la pigmentación amarilla de la piel del pollo.

**Tabla 1.** Clasificación de los carotenoides preferenciales en la avicultura

Carotenoide	Molécula	Origen	Tejido diana	Fuente
Rojo	Cantaxantina	Sintético	Yema, piel, tarso o codillo	Italcol, (2019)
	Citranaxantina	Sintético	Yema	Italcol, (2019)
	Capsantina Capsorrubina	Extracción química de la paprika	Yema	Cisneros & Umar, (2021).
Amarilla	Apo-ester	Sintético	Yema, piel	Italcol, (2019)
	Luteína	Extracción química de la flor	Yema, piel	Cisneros & Umar, (2021).
	Zeaxantina	Extracción química de la flor de Marigold	Yema, piel	Cisneros & Umar, (2021).

### 3.2.2. Carotenos

Son moléculas orgánicas que contiene hidrógeno y carbono, mismos que pueden ser pigmentos betacaroteno, alfacaroteno, licopenos localizados principalmente en micro y macroalgas, también, están presentes en los vegetales como: zanahoria, papaya, melones y naranjas (Quintana *et al.*, 2018). En general., los carotenos provocan una coloración rojiza y

anaranjada y tiene propiedades antioxidantes esencial para mantener la salud de los animales (Mora, 2014).

La suplementación con carotenoides en la dieta de los pollos de engorde es una práctica común para alcanzar la pigmentación deseada. La normativa de la Unión Europea establece un límite máximo de 80 ppm de carotenos totales por kilogramo de alimento balanceado. Dentro de este límite, el uso de ciertos pigmentantes, como el éster etílico del ácido  $\beta$ -apo-8'-carotenoico, está restringido a 15 ppm como se puede observar en la **Tabla 2**, lo que ha llevado a una mayor utilización de fuentes naturales como extractos ricos en luteína derivados de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*).

**Tabla 2:** Principales fuentes de carotenoides utilizadas en la alimentación de pollos de engorde

Fuentes de carotenoide	Tipo	Concentración recomendada	Efecto en pigmentación
Extracto de cempesúchil ( <i>Tagetes erecta</i> )	Natural	Hasta 80 ppm (luteína)	Coloración amarilla en piel y yema
Capsantina (extracto de pigmento rojo)	Natural	Variable	Tonalidades rojizas en piel y yema
Cantaxantina	Sintético	Hasta 8 ppm	Intensifica la pigmentación roja en piel y yema
$\beta$ -apo-8'-carotenal	Sintético	Hasta 15 ppm	Mejora la pigmentación naranja en piel y yema

Fuente: Adaptado de Cisneros & Umar, (2021).

### 3.2.3. Xantofilas

Las xantofilas son moléculas químicas que contienen oxígeno y se encuentran en plantas comestibles, las principales xantofilas de interés en la nutrición aviar son la luteína, zeaxantina y en menor medida la astaxantina, presentes en ingredientes como el maíz amarillo, alfalfa, flor de Marigold (*Tagetes erecta*), espinaca, yema de huevo, algas y algunos microorganismos. Son responsables de otorgar el característico color amarillo a la piel, picos,

patas y tejido graso de los pollos, lo que las convierte en una opción segura para el consumo (Zhu *et al.*, 2009). Estos pigmentos naturales producen una amplia gama de colores, que van desde el amarillo claro hasta el rojo oscuro; mientras que las fuentes dietéticas de luteína producen un tono amarillo limón, las fuentes de zeaxantina (Tabla 3) generan un color amarillo dorado (Lara, 2023).

El tipo de pigmento, su origen (natural o sintético) y la forma de aplicación (líquido o polvo), influyen directamente en el rendimiento de la pigmentación. Estudios recientes han demostrado que pigmentos líquidos como GP Oro al 1,5% ofrecen mejores resultados que premixes en polvo al 4%, aunque con mayores costos de producción, lo cual se justifica en mercados donde el color es una prioridad para el consumidor (Mora, 2014).

**Tabla 3:** Principales xantofilas utilizadas en pollos de engorde

Xantofila	Fuente	Concentración recomendada	Efecto en pigmentación
Luteína	Flor de Marigold	20-60 ppm	Pigmentación amarilla intensa en piel y yema
Zeaxantina	Maiz, alfalfa, espinaca	1.0-40 ppm	Amarillo-anaranjado en piel, yema y patas
Astaxantina	Algas (Haematococcus pluvialis)	5-20 ppm	Tonalidades rojo-anaranjadas (uso limitado)
$\beta$ -apo-8'-carotenal	Sintético	Hasta 15 ppm	Pigmentación naranja brillante en piel y yema

Fuente: Adaptado de Mendoza, (2017).

### 3.3. Fuentes de xantofilas en la avicultura

Las xantofilas más utilizadas en avicultura pueden ser naturales o sintéticas. Las naturales son de origen vegetal provienen mayoritariamente del extracto de la flor de Marigold (*Tagetes erecta*) y del pimiento rojo (*Capsicum annum*) ricas en luteína (xantófila amarilla) y capsantina (xantófila roja) respectivamente (Estévez & Carné, 2018). Otras fuentes de luteína son el maíz, amapola de la California, vegetales verdes, frutos, insectos (Carné, 2015). La b-criptoxantina está en papayas, calabazas, pimientos. Mientras, que la astaxantina y

cantaxantina están presentes en salmones, camarones, truchas, conchas marinas, hongos, microalgas verdes (*Haematococcus pluvialis*) (Thomas & Johnson, 2018). En la tabla 2 se exponen las materias primas utilizadas para la fabricación de balanceados.

En la nutrición avícola, la elección de las materias primas con alto contenido de xantofilas es fundamental para alcanzar niveles adecuados de pigmentación en pollos de engorde. Tal como se muestra en la **Tabla 4**, existen variaciones significativas en la concentración de estos pigmentos según la fuente utilizada. Por ejemplo, el gluten de maíz presenta una de las concentraciones más elevadas, con 210 ppm, seguido por la harina de alfalfa, con un rango que va de 200 a 400 ppm (Tumová et al., 2020; Itacol, 2019). Estos valores contrastan con ingredientes como el maíz amarillo y la soya extruida, cuyos contenidos de xantofilas son relativamente bajos (10–15 ppm y 30–38 ppm, respectivamente), lo que los hace menos eficaces cuando se busca una coloración intensa en piel y yema. En consecuencia, el uso estratégico de ingredientes como la harina de alfalfa o el gluten de maíz resulta más eficiente para lograr los niveles deseados de pigmentación, especialmente en mercados donde la preferencia del consumidor está asociada a una tonalidad amarilla intensa.

**Tabla 4.** Materias primas comunes con su respectivo valor en ppm de xantofilas.

Materia prima	Xantofilas (ppm)	Referencia
Maíz amarillo	10-15	Itacol (2019)
Soya extruida	30-38	Itacol, (2019)
Gluten de maíz	210	Itacol, (2019)
Flor de Marigold	150	Aguirre <i>et al.</i> (2012)
Harina de Alfalfa	200-400	Tkáčová <i>et al.</i> , (2020)

La flor de Marigold (*Tagetes erecta*) o también conocida como flor de muertos o caléndula, posee diversas sustancias activas como saponinas, flavonoides y carotenoides que tienen efectos antioxidantes y son esenciales para el sistema inmune (Forountankhan *et al.*, 2019). Además, la suplementación dietética con extracto de esta planta es la fuente más importante de xantofilas con cualidades antioxidantes y pigmentantes en productos avícolas (Wang *et al.*, 2017).

Por otra parte, la administración de extracto de flor de caléndula aumenta el rasgo del canal, los títulos de anticuerpos contra los virus de Newcastle y gripe aviar y el rendimiento de los pollos (Rajput *et al.*, 2012). Los efectos de la flor de Marigold como fuente de carotenoides sobre el rendimiento productivo y las características de la carcasa de pollo doble propósito

en la etapa de finalización obtuvo resultados favorables en la pigmentación de la piel a nivel de pechuga (Paredes, *et al.*, 2022)

La flor de Marigold contiene grandes cantidades del carotenoide luteína, principal componente de los pigmentos ocupados en la avicultura. Se administran como aditivos en la elaboración de balanceados para aves, peces y crustáceos, para mejorar el aspecto de estos hacia la perspectiva del consumidor (Del Villar *et al.*, 2007).

### 3.4. Digestión, absorción y metabolismo de las xantofilas en avicultura

El proceso asimilación de las xantofilas en pollos de engorde aborda diversas etapas ya que es un proceso influenciado por una serie de factores que hacen del proceso de pigmentación un evento multifactorial, partiendo de la naturaleza liposoluble de estos compuestos. A continuación, se describe el proceso:

**Ingestión y liberación:** las xantofilas se ingieren a través de la dieta, son liposolubles y siguen la ruta metabólica de la digestión lipídica, por lo que la calidad de aceites o fuentes concentradas de energía son claves para su deposición exitosa (Añover & Díaz, 2021).

**Formación de micelas:** en el intestino, las xantofilas se incorporan a micelas mixtas formadas por ácidos biliares, fosfolípidos, colesterol, ácidos grasos y monoacilglicéridos. Estas micelas son esenciales para la absorción ya que facilitan su transporte a través de la capa acuosa que recubre el intestino y permite su llegada hacia los enterocitos (Estévez & Carné, 2018).

**Absorción intestinal:** la absorción por los enterocitos puede ser por difusión pasiva o facilitada. La difusión pasiva es proceso dominante a altas concentraciones de xantofilas y no requiere energía ni transportadores específicos. Por otra parte, la difusión facilitada requiere de transportadores específicos en la membrana celular y prevalece a bajas concentraciones de xantofilas (Pérez & Roca, 2011). De acuerdo con Meléndez *et al.*, (2010) algunos de los transportadores implicados en la difusión facilitada de xantofilas son:

- Receptor tipo B de clase B (SR-BI, por sus siglas en inglés *Scavenger Receptor Class B Type*): esencial para el transporte de colesterol y se ha demostrado su implicación en la absorción de luteína y otros carotenoides.
- Proteína tipo Niemann-Pick C1-Like 1 (NPC1L1, por sus siglas en inglés *Niemann-Pick-C1-Like*): responsable del transporte de colesterol y fitoesteroles, y se ha confirmado su implicación en la absorción de luteína.

- Clúster de diferenciación 36 (CD36, por sus siglas en inglés *Cluster Determinant 36*): está involucrado en la absorción de ácidos grasos y se ha demostrado su posible papel en el transporte de  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina.

**Transporte y almacenamiento:** tras la absorción, las xantofilas son empaquetadas en quilomicrones y transportadas por el sistema linfático hacia el hígado (Thomas & Harrison, 2016). Después, son distribuidas a los tejidos, incluidas la piel y los depósitos grasos, lo que da lugar al característico color amarillo dorado en la piel, la grasa, picos y patas de los pollos pigmentados (Lara, 2023).

**Tiempos de pigmentación:** En cuanto al contenido de las xantofilas totales del alimento no hay consenso con respecto a las dosis mínimas y máximas en las dietas de los pollos de engorde, dependiendo la fuente de carotenoide varía entre 60, 70 y 80 ppm. La administración de 80 ppm de xantofilas logra la pigmentación deseada acorde al mercado mexicano (Peña *et al.*, 2004) y en cuanto al mercado nacional esto se ajusta según la demanda del mercado regional, siendo más común el uso de pigmentos naturales entre 60 a 90 ppm totales en alimentos balanceados durante la fase final del engorde. Durante las últimas 3-4 semanas de vida, el aporte de 40-60 g de xantofilas totales/toneladas de pienso permitirá obtener una óptima pigmentación amarilla de piel y tarsos. La adición de 6-9 g/toneladas de xantofilas rojas, además de las anteriores, resulta en una coloración más anaranjada (Estévez & Carné, 2018).

### 3.5. Factores que influyen en la absorción, metabolismo y deposición de los pigmentos en avicultura

Existen diversos factores que influyen en la pigmentación de los pollos de engorde, estos pueden ser externos e internos al ave. Posteriormente, se describen los factores relacionados con la alimentación, aspectos propios de las aves y al procesamiento de faenado que tienen relación con el éxito de una adecuada pigmentación.

#### 3.5.1. Alimentación

##### 3.5.1.1. Materias primas

Las xantofilas se encuentran en ingredientes como el maíz, el sorgo, la alfalfa y otros ingredientes de origen vegetal (Añoover & Díaz, 2021), como también fuentes concentradas de xantofilas en presentación líquida o premix, por lo que se debe garantizar que los pollos consuman estos ingredientes con el aporte adecuado de xantofilas totales de acuerdo con la intensidad de pigmento que se requiera (DVA, 2023).

Una coloración adecuada es el resultado de la mezcla de pigmentos amarillos (luteína, zeaxantina y criptoxantina) y en algunas regiones los pigmentos rojos (capsantina, cantaxantina) ya que esta combinación determina un color dorado con apariencia natural (Estévez & Carné, 2018).

### 3.5.1.2. Lípidos y vitamina A

**Lípidos de la dieta:** llamados también como fuentes concentradas de energía, aportan diferentes tipos de ácidos grasos (AG); en el caso de los AG saturados de cadena larga como el mirístico, el palmítico y el esteárico que dificultan la absorción de los carotenoides, además, los AG de cadena corta favorecen su absorción.

Por otro lado, fuentes concentradas de energía de baja calidad, como es el caso de aceites con niveles elevados en peróxidos que a nivel digestivo liberan moléculas que interfieren con la oxidación de las xantofilas, hace necesario el aporte de diferentes aditivos y nutrientes antioxidantes como las vitaminas E, C y selenio que permitan mitigar la oxidación de las xantofilas del alimento (Estévez & Carné, 2018).

**Vitamina A:** la vitamina A tiene afinidad por el epitelio mucoso y la mayor concentración de receptores se ubican en las células del hígado, los órganos reproductores y la piel (Montoya, 1994). Los carotenoides se convierten en vitamina A en el intestino y, luego, son absorbidos y transportados al hígado, donde se desnaturalizan y almacenan (FAO, 2017). Una ingesta deficiente de vitamina A ocasiona que el organismo la absorba de manera prioritaria, lo que interfiere con la asimilación de las xantofilas. Debido a que, ambos compuestos tienen los mismos receptores intracelulares, por lo tanto, es trascendental formular una dieta con los niveles adecuadas de vitamina A para evitar la competencia entre ellos (Estévez & Carné, 2018).

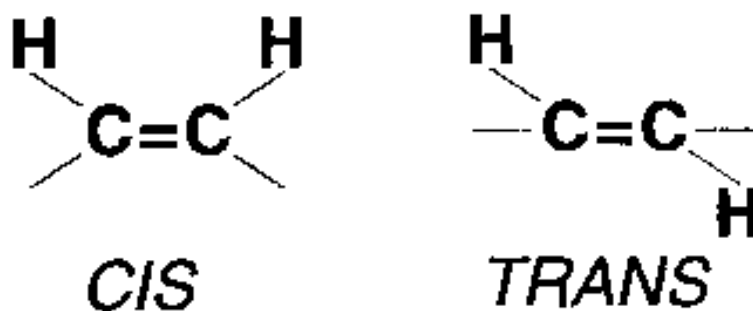
### 3.5.1.3. Saponificación

Las xantofilas normalmente tienen una forma esterificada que se encuentra ligada a los ácidos grasos, mismos que deben ser liberados para su absorción. Las lipasas intestinales de las aves tienen la capacidad de hidrolizar parcialmente entre 40 a 60% de los lípidos (Estévez & Carné, 2018). La saponificación es un proceso químico donde los triglicéridos reaccionan con una base dando como resultado la formación de jabón y glicerina (Cariño, 2019). Por esta razón estos compuestos necesitan someterse al proceso de saponificación, permite liberar las xantofilas y aumenta su biodisponibilidad (Estévez & Carné, 2018).

Según el estudio de Galobart *et al.* (2004) afirma que los extractos saponificados de Marigold y pimentón son más eficientes en comparación con la harina de Marigold y la oleorresina de pimentón, debido a que, el proceso de saponificación previo a la inclusión de las xantofilas rojas y amarillas a la dieta basal de las aves permite mejorar la asimilación por parte de estas. Las xantofilas rojas o amarillas saponificadas tienen mejores resultados en variables colorimétricas relacionadas con la pigmentación de la cascara y la yema de los huevos. Además, las xantofilas no tienen efectos sobre el consumo de alimento, el peso, y las concentraciones suministradas varían según la fuente de cada xantófila (Lara, 2023).

#### 3.5.1.4. Isómeros

La isomerización es un proceso químico mediante el cual las moléculas de hidrocarburos se reorganizan en otra forma con igual fórmula molecular pero diferente estructura (Abdullah, 2004). Las xantofilas, al presentar una estructura de doble cadena en su anillo terminal, generan isómeros que son químicamente inestables. Cuando atraviesan el proceso de isomerización, dichos isómeros pueden estabilizarse en su forma trans, lo que no solo mejora su estabilidad estructural, sino también su eficacia funcional en la pigmentación de los tejidos animales (Estévez & Carné, 2018). Este fenómeno es ilustrado en la **Figura 1**, donde se observa la conversión entre los isómeros cis y trans, fundamental para el aprovechamiento óptimo de los pigmentos. La luteína, astaxantina y zeaxantina son ampliamente reconocidas como suplementos o aditivos en la elaboración de alimentos balanceados, tanto para animales como para consumo humano (Bernstein *et al.*, 2016).



**Figura 1.** Isomerización de las grasas alimenticias **Fuente:** (FAO, 2017)

#### 3.5.1.5. Micotoxinas

La presencia de micotoxinas en los alimentos balanceados representa un riesgo significativo para la salud y productividad de las aves. Estos compuestos tóxicos alteran las propiedades organolépticas del alimento, lo que provoca su rechazo por parte de los animales, disminuyendo el consumo voluntario y afectando negativamente el índice productivo.

Además, la dieta contaminada con micotoxinas puede generar deficiencias nutricionales y energéticas, comprometiendo el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los pollos. La exposición prolongada a estos tóxicos también incrementa la susceptibilidad a enfermedades fúngicas oportunistas causadas por especies como *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger* y *A. nidulans* (Del Río & Méndez, 2016).

Las micotoxinas más comunes en la alimentación aviar incluyen ocratoxinas, citrinas, zearalenonas, tricotecenos, fumonisinas y aflatoxinas. Estas sustancias ejercen múltiples efectos adversos, entre ellos la reducción del apetito, incremento en la ingesta de agua y alteraciones en el metabolismo hepático. A nivel intestinal, provocan daños en la estructura del epitelio, reduciendo su integridad y permeabilidad. Esto compromete directamente la absorción de nutrientes esenciales, incluyendo los pigmentos carotenoides como las xantofilas, lo que limita su disponibilidad para ser depositados en tejidos como la piel y los tarsos (Añover & Díaz, 2021).

Como consecuencia, las aves alimentadas con dietas contaminadas con micotoxinas pueden presentar una pigmentación deficiente, especialmente en piel, patas y yema de huevo, afectando la calidad visual del producto final y su aceptación comercial. Para mitigar estos efectos, se recomienda la inclusión de adsorbentes de micotoxinas en el alimento balanceado, así como la implementación de estrictos controles de calidad en las materias primas. Estas estrategias permiten preservar la salud intestinal y hepática de las aves, asegurando una pigmentación uniforme y acorde con las exigencias del mercado (Italcol, 2019; Tkáčová et al., 2020).

### **3.5.2. Pollo de engorde**

Existen factores propios de los pollos que alteran en la pigmentación de la piel, a continuación, se describe los más importantes:

#### **3.5.2.1. Genética**

La genética de los pollos de engorde se enfoca en obtener mejores resultados productivos en menor tiempo posible. Para lograrlo, se prioriza el desarrollo eficiente de las aves, con el objetivo de reducir el consumo de alimento sin sacrificar los resultados productivos (Simone, 2018). Sin embargo, cuando se disminuye la ingesta de alimento, también se reduce la cantidad de carotenoides ingeridos, lo que ocasiona una menor pigmentación (Estévez & Carné, 2018).

Además, es importante destacar que no todas las líneas genéticas son eficientes para fijar pigmento en la piel. El gen de piel blanca es autónomo y dominante sobre la piel amarilla, por lo tanto, este gen dominante disminuye la acumulación de las xantofilas en la piel, pero no en otros tejidos. Asimismo, existen algunas líneas genéticas que tiene mayor afinidad a depositar los pigmentos en el tarso (Farbe, 2020).

#### **3.5.2.2. Sexo**

El sexo de las aves influye la pigmentación, ya que las hembras presentan una capacidad superior de asimilación del pigmento debido a su mayor cantidad de grasa subcutánea en comparación con los machos (Estévez & Carné, 2018). Se ha observado que las hembras desarrollan una pigmentación más intensa que los machos cuando se proporciona la misma cantidad de alimento (Farbe, 2020). Los estudios afirman que al ser alimentadas con concentraciones de xantofilas entre los días 35 a 39, las hembras ganaron 18 unidades más de amarillo cutáneo *in vivo* en comparación con los machos (Muñoz *et al.*, 2012).

#### **3.5.2.3. Salud intestinal**

El epitelio ciliar del intestino es esencial para la absorción de las xantofilas, por lo tanto, la salud intestinal juega un papel crucial en la pigmentación de los pollos. La mucosa intestinal debe estar ausente de condiciones como enteritis bacteriana o coccidiosis que alteren su integridad (HIPRA, 2022). La coccidiosis es una enfermedad de gran importancia en la avicultura debido a que causa descamación y acortamiento de las vellosidades de la mucosa intestinal y parasitan los espacios de mayor absorción de pigmentos (Veterinaria Digital S.A., 2024).

Actualmente, se administra los ácidos grasos de cadena corta por su actividad antimicrobiana, ya que alteran la homeostasis y el metabolismo bacteriano (Añoover & Díaz, 2021). En contraste, los ácidos grasos de cadena media están relacionados con una mejor digestibilidad de los lípidos, lo que a su vez mejora la absorción de los pigmentos unidos a las grasas. (Añoover & Díaz, 2021).

#### **3.5.2.4. Manejo y estrés**

Los pollos de engorde son criados en ambientes controlados, donde se limita la exposición a la luz solar o artificial, (conector de consecuencia) suelen presentar pigmentación inferior en comparación con aquellas criadas en sistemas convencionales. La pigmentación es un proceso que está influenciado directamente por la luz (Farbe, 2020). El estrés causado por altas temperaturas, ventilación deficiente, higiene inadecuada o alta densidad de aves,

disminuye el consumo de alimento y agua, lo que afecta negativamente la ingesta de las xantofilas (Estévez & Carné, 2018).

El tracto gastrointestinal y el cerebro están comunicados bidireccionalmente por el eje intestino-cerebro a través de los sistemas nervioso y humoral (Cao *et al.*, 2021). Los estímulos estresantes viajan por medio de las vías periféricas y centrales que permiten la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. En el hipotálamo se libera el factor liberador de corticotropina (CRH) que estimula a la hipófisis para liberación de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), para después desencadenar la liberación de los corticoides de las glándulas suprarrenales y la corticosterona desde la corteza suprarrenal a la circulación sanguínea (Cryan & Dinam, 2012).

Los corticoides alteran la estructura y funcionalidad del intestino, debido a que, interacciona de manera directa con las células musculares entéricas e inmunes intestinales, neuronas, y bacterias, interacciones que permiten la liberación de las citocinas que llegan al cerebro para afectar el estado de ánimo y el apetito (Cryan & Dinam, 2012). Estructuralmente, la microbiota intestinal presenta vellosidades de menor tamaño lo que disminuye la superficie de absorción (Abdelqader *et al.*, 2017), en consecuencia, afecta la salud intestinal y bienestar de las aves (Cao *et al.*, 2021).

### **3.5.3. Procesamiento**

#### **3.5.3.1. Captura y transporte**

Para capturar a los pollos es necesario despejar las áreas ocupadas por los mismos para evitar lesiones, por lo tanto, es esencial levantar los comederos, los bebederos y otros obstáculos que se localicen en la superficie (Canet *et al.*, 2018). Además, las puertas y los pasajes de los galpones y estructuras adyacentes deben ser amplias para permitir la remoción segura de las aves (Canet *et al.*, 2018). El principal objetivo de la captura es evitar generar daños físicos a las aves y para asegurar el éxito es imprescindible tener un equipo correctamente capacitado (Italcol, 2023).

Los vehículos de transporte necesitan una protección adecuada del clima, una buena ventilación y cumplir con la legislación local vigente. Cuando se moviliza desde climas cálidos se recomienda transportar durante la noche y usar ventiladores para mantener el aire circulando entre los módulos. En caso del clima frío se protege la carga para minimizar el frío y mantener el confort de las aves (Moleón, 2012).

#### **3.5.3.2. Aturdimiento**

Se aturde a los pollos con una pistola manual del resorte que aplica un golpe seco y contundente sobre la nuca del animal. Las aves aturdidas apropiadamente no presentan reflejo palpebral, ausencia de aleteo, patas extendidas rígidamente, rápidos y constantes temblores del cuerpo (Canet *et al.*, 2018). El voltaje ideal es de 25 voltios para no causar ningún tipo de lesión y permitir un adecuado sangrado (Italcol, 2023).

### **3.5.3.3. Escaldado**

La temperatura ideal para trabajar se considera entre los 50 a 54 grados centígrados con el objetivo de dilatar los folículos de la piel y facilitar la extracción de las plumas (Ecobusiness, 2021). Las altas temperaturas provocan separación de la epidermis, arrastrando el pigmento de la piel y produciendo que el pollo pierda coloración (Italcol, 2023). Además, la cantidad de carotenoides disminuye en la piel (Añoover y Díaz, 2021).

### **3.5.3.4. Desplume**

El desplume manual se considera el método menos invasivo, pero requiere mayor inversión de tiempo (Ecobusiness, 2021). Mientras, el desplume automático se quiere de una desplumadora con cepillos que deben ser ajustados al tamaño de los pollos y el proceso debe realizarse lo más lento posible para evitar dañar el producto final (Italcol, 2023).

### **3.5.3.5. Almacenamiento del canal**

El proceso de almacenamiento debe ser rápido para evitar alterar la cadena de frío y los espacios donde serán colocados deben ser grandes para que el aire circule apropiadamente de tal modo que conserve el frío del producto independientemente del método de conservación usado congelación o refrigeración (Benavides & Salazar, 2019). El refrigerador del alimento disminuye la velocidad de multiplicación de las bacterias patógenas, permitiendo que el producto se conserve ya que cuando el alimento llega al punto de congelación, la multiplicación de los microorganismos se detiene completamente (agriNews, 2019).

## **3.6. Depósito del pigmento**

El depósito de pigmentos en los pollos de engorde es un proceso fisiológico complejo que inicia con la ingestión de carotenoides, especialmente xantofilas, a través de la dieta. Estas moléculas, por ser liposolubles, siguen la misma ruta metabólica que los lípidos. Durante la digestión, se incorporan en micelas mixtas formadas por sales biliares, fosfolípidos y colesterol, lo que facilita su absorción en el intestino delgado. El ingreso a los enterocitos se da por difusión pasiva o mediante proteínas transportadoras específicas como SR-BI, NPC1L1 y CD36 (Meléndez *et al.*, 2010; Pérez & Roca, 2011). Una vez absorbidas, las

xantofilas se integran a los quilomicrones y se transportan vía linfática hasta el hígado, donde se almacenan o redistribuyen hacia tejidos periféricos.

Uno de los principales tejidos diana para el depósito de pigmentos es la piel del pollo, cuya epidermis se compone de dos capas: el estrato córneo, que es la más externa y constituye el sitio ideal para la acumulación de pigmentos, y el estrato germinativo, que es la capa más interna (Añoover & Díaz, 2021). No obstante, la pigmentación cutánea es poco estable, ya que los carotenoides depositados en el estrato córneo son susceptibles a la degradación, especialmente durante el proceso de escaldado si la temperatura supera los 54 °C. Además, factores como la integridad intestinal, la calidad de los lípidos en la dieta y la presencia de micotoxinas pueden afectar negativamente tanto la absorción como el transporte de estos pigmentos hacia los tejidos periféricos (Estévez & Carné, 2018).

La luteína y la zeaxantina, dos de las xantofilas más utilizadas en avicultura, no solo se depositan en la piel, sino también en la grasa subcutánea, donde confieren la tonalidad amarilla deseada que puede mantenerse entre 2 a 3 semanas si se mantiene una dieta pigmentada (Hernández, 2018). Asimismo, estos pigmentos se acumulan en otras estructuras queratinizadas como el pico y los tarsos, reforzando la pigmentación visual externa del ave. Estas zonas son valoradas por los consumidores y juegan un papel importante en la percepción de frescura y calidad del pollo. Por lo tanto, el adecuado suministro, absorción y depósito de xantofilas es crucial no solo desde el punto de vista nutricional, sino también comercial, ya que impacta directamente en la aceptabilidad del producto en el mercado (Canet *et al.*, 2018).

### **3.7. Impacto de los pigmentos en la producción**

La aplicación de los pigmentos naturales y sintéticos en la producción avícola posee gran importancia debido a que permite ofrecer a los consumidores productos de mayor calidad, además, con una pigmentación más atractiva (Santiago, 2021).

Los nuevos productores enfrentan a un mercado riguroso y exigente, por lo tanto, se buscan nuevas alternativas para obtener animales saludables con una pigmentación adecuada en la piel, las patas y los picos (Santiago, 2021). Mientras los alimentos sean más apetecibles para el consumidor se evita el descarte de los productos ya que los productos con mejor pigmentación tienen un mayor precio y aceptación (Wu *et al.*, 2021).

En consecuencia, el uso de los pigmentos se ha incrementado con el fin de aumentar las ventas sin causar efectos al consumidor (Santiago, 2021). El precio del mercado de los pollos

de piel blanca o amarillo claro es inferior al de los pollos de piel amarilla (Wu *et al.*, 2021). En la industria avícola, la pigmentación de la piel del pollo es esencial para su comercialización en la mayoría de los países en Latinoamérica (Farbe, 2020).

### 3.8. Preferencias del consumidor

Los consumidores son extremadamente cautelosos al momento de comprar el pollo, como primera apreciación perciben la calidad de la carne por la higiene, el color, la ausencia de olores y el marmoleo; también influye la facilidad de su preparación culinaria (Farbe, 2020). Sin embargo, el precio del producto es el factor determinante ya que depende del nivel socioeconómico de cada individuo (Alvarado *et al.*, 2012).

Según la encuesta realizada por (Alvarado *et al.*, 2012), se reporta que el 88,1% de entrevistados afirman que la principal característica organoléptica de la carne de pollo que adquieren se relaciona con la buena calidad, factor relacionado con la refrigeración. Los aspectos como la textura, el color y el sabor se conservan adecuadamente cuando la cadena en frío se mantuvo intacta durante todo el proceso de obtención del producto (Benavides & Salazar, 2019).

Los consumidores prefieren el pollo de alta calidad con piel dorada, ya que, al prepararlo a la parrilla, la primera impresión se genera por el atractivo **tostado** de la piel. En mercados donde la demanda de pollo fresco es elevada, la intensidad del color amarillo y la uniformidad en la pigmentación de la piel son factores clave que influyen en las decisiones de compra de los consumidores (Wu *et al.*, 2021).

## 4. Materiales y Métodos

### 4.1. Área de estudio

La presente investigación se ejecutó en el Cantón Cuenca, parroquia El Valle, a una altitud de 2.659 m.s.n.m con coordenadas geográficas de 2°57'01.2"S y 78°57'43.7"W (Figura 2), la temperatura ambiental oscila entre los 12 y 15° C durante el día y en la noche a 5 y 10° C.



**Figura 2.** Descripción geográfica del lugar de la investigación **Fuente:** Directorio Cartográfico de Google Earth, (2024)

### 4.2. Metodología

#### 4.2.1. Tratamientos

Las dietas fueron a base de maíz y pasta de soya con tres diferentes pigmentos comerciales. El alimento administrado fue en presentación de migaja con una adición de 30 ppm de xantofilas amarillas en la fase de crecimiento (8 a 21 días) y 55 ppm de xantofilas amarillas en la fase de engorde (22 a 49 días). La diferencia de los tratamientos fue por el tipo de pigmento a utilizarse:

- Tratamiento 1: pigmento líquido (GP Oro al 1,5% de xantofilas totales) (15000 ppm)
- Tratamiento 2: pigmento premix polvo (GP Oro al 4% de xantofilas totales) (40500 ppm)
- Tratamiento 3: pigmento premix polvo (Xantinet al 4% de xantofilas totales) (40400 ppm)

Los perfiles nutricionales aplicados en la investigación corresponden a las tablas brasileñas para aves y cerdos (Rostagno *et al.*, 2017). A continuación, en la tabla 5 se detalla los componentes nutricionales y las cantidades recomendadas para las aves.

**Tabla 5.** Programa y perfil nutricional aplicado en el experimento

Descripción	Unidad	Valores					
		Edad	Días	1-7	8-21	22-33	34-42
EMAN <sup>1</sup>	Kcal/kg		2975	3.050	3.150	3.200	3.250
Proteína Cruda	%		23,0	22,0	20,0	17,	17,00
Calcio	%		0,95	0,842	0,720	0,592	0,536
Fósforo Disponible	%		0,45	0,400	0,346	0,276	0,250
Lisina DIE <sup>2</sup>	%		1,25	1,195	1,078	0,955	0,887
Metionina DIE	%		0,51	0,490	0,442	0,392	0,363
Metionina + Cisteína DIE	%		0,92	0,884	0,798	0,707	0,656
Treonina DIE	%		0,82	0,789	0,712	0,630	0,586
Triptófano DIE	%		0,22	0,215	0,194	0,172	0,160
Arginina DIE	%		1,34	1,279	1,154	1,022	0,949
Glicina + Serina DIE	%		1,84	1,757	1,445	1,280	1,188
Valina DIE	%		0,96	0,920	0,830	0,736	0,683
Isoleucina DIE	%		0,84	0,801	0,733	0,650	0,603
Leucina DIE	%		1,34	1,279	1,165	1,032	0,958
Xantofilas adicionadas	ppm		0,0	30,00	55,00	55,00	55,00

<sup>1</sup>EMAN: Energía metabolizable aparente corregida para nitrógeno <sup>2</sup>DIE: digestibilidad ileal estandarizada; ppm: partes por millón (mg por Kg de alimento)

**Fuente:** Adaptado de Rostagno *et al.* (2017).

#### 4.2.2. Distribución de unidades experimentales

Se usaron 777 pollitos machos y hembras de un día de edad de la línea Cobb 500 con una biomasa de 40 g ± 4 distribuidos en tres tratamientos que contenían cada uno 259 pollos:

- Número de tratamientos: 3
- Número de repeticiones de cada tratamiento: 7
- Número de unidades experimentales: 21
- Número de individuos por cada UE: 37
- Número de individuos por tratamiento: 259 pollos
- Número total de individuos: 777 pollos

### 4.2.3. Variables

#### 4.2.3.1. Variable independiente

Tratamientos descritos previamente y planteados de acuerdo a la cantidad de ppm aplicado y su porcentaje de inclusión.

#### 4.2.3.2. Variables dependientes

Para la toma de muestras, se aplicó un criterio de selección completamente al azar dentro de cada unidad experimental. En cada repetición, se seleccionó un macho y una hembra de forma aleatoria, garantizando que ambos sexos estuvieran representados en todas las unidades. Esta estrategia permitió mantener la aleatoriedad en la selección de los individuos, al tiempo que se aseguraba un balance de sexo dentro del diseño, sin considerar el sexo como un factor de estudio.

- Pigmentación *in vivo* de la piel y patas al día 28, 35, 42 y 49
- Pigmentación de la piel al día 42 posterior a faena.
- Pigmentación de la piel al día 49 posterior a faena.
- Costos de producción por cada tratamiento por concepto de pigmento invertido.

#### 4.2.4. Metodología de medición y toma de datos

Inicialmente, se tomó una muestra representativa de cada pigmento comercial puro y del maíz aplicado para la fabricación del alimento. Después, se envió una muestra de cada alimento terminado al laboratorio para corroborar la presencia y cantidad (ppm) de xantofilas mediante la técnica Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) que se puede observar en la **Tabla 7** y Anexo W.

La evaluación de la intensidad de la pigmentación fue realizada por un mismo operador para asegurar una percepción visual uniforme de las variables evaluadas en donde esta persona debe asignar un valor correspondiente al código de color que más se asemeje al momento de realizar la medición. Las variables de pigmentación fueron realizadas sobre dos aves seleccionadas al azar, 1 macho y 1 hembra por cada UE y fueron 14 pollos en total por cada tratamiento. Se aplicaron dos abanicos colorimétricos distintos, el de la empresa minas del estado Holandés (DSM, por sus siglas en inglés *Dutch state mines*) (Figura 3) y el de Quimtia (Figura 4), ambos diseñados para evaluar piel de pollo. Se aplicó un tercer abanico colorimétrico correspondiente a la misma empresa DSM, pero en este caso diseñado para yema de huevo (Figura 5), considerando la intensidad de pigmento puede estar fuera del rango de los otros dos abanicos diseñados para pollo.

**Tabla 6.** Determinación de xantofilas totales por HPLC

Producto	Código	Resultado Xantofilas (g/Kg)	Resultado Xantofilas (mg/Kg o ppm)
Maíz Nacional ECU	001	0,010	10
Fase 1	002	0,005	5
Fase 2 T1	003	0,036	36
Fase 2 T2	004	0,036	36
Fase 2 T3	005	0,036	36
Fase 3 T1	006	0,055	55
Fase 3 T2	007	0,055	55
Fase 3 T3	008	0,055	55
Producto A liquido	009	15,0	15,000
Producto B premix	010	40,05	40,500
Producto C premix	011	40,04	40,400

**T1:** pigmento líquido (GP Oro al 1,5% de xantofilas); **T2:** pigmento premix (GP oro al 4% de xantofilas); **T3:** pigmento premix (Xantinex al 4% de xantofilas);



**Figura 3.** Abanico calorimétrico de pollo de la empresa DSM



**Figura 4.** Abanico calorimétrico de pollo de la empresa Quimtia



**Figura 5.** Abanico calorimétrico de yema de huevo de la empresa DSM.

#### 4.2.4.1. Pigmentación *in vivo*

La pigmentación *in vivo* fue evaluada a nivel del tarso y del apterilo izquierdo (espacio sin plumas de contorno; (**Figura 6**) de las aves aplicando los abanicos colorimétricos de DSM y de Quimtia para piel de pollo, dichas mediciones se realizaron a los 28, 35, 42 y 49 días de edad (**Figura 2 y 3**).



**Figura 6.** Medición de la intensidad del pigmento a nivel del tarso *in vivo*



**Figura 7.** Medición de la intensidad del pigmento a nivel del apterilo *in vivo*

#### 4.2.4.2. Pigmentación en pollos faenados

A los 42 y 49 días de edad, una vez seleccionadas las aves, fueron sacrificadas por dislocación cervical siguiendo las normas de bienestar animal Modificado de: Figueiredo, 2017), para posteriormente realizar el proceso de faena. Apenas finalizada la faena, mediante los abanicos de DSM y Quimtia se evaluó la intensidad de pigmento en la piel de la

pechuga con la canal caliente (0 horas posfaena; figura 7), y con la canal fría (24 horas posfaena en refrigeración; figura 8).



**Figura 8.** Medición de la intensidad del pigmento a nivel del apterilo izquierdo en canal caliente (0 horas posfaena)



**Figura 9.** Medición de la intensidad del pigmento a nivel de la pechuga en canal caliente (0 horas posfaena)



**Figura 10.** Medición de la intensidad del pigmento a nivel de la pechuga en canal refrigerada 24 hora posfaena

#### 4.2.4.3. Análisis económico

El análisis económico se realizó a nivel de cada unidad experimental para calcular los costos de producción por unidad de peso (kilogramos y libras) de pollo vivo y faenado considerando a las dosis y costos de cada fuente comercial de xantofilas, para llevar este valor a un costo promedio por tratamiento. Los costos de producción se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de Kg de pollo} = \frac{\text{Gastos totales}}{\text{Kg totales producidos}}$$

Los gastos totales fueron determinados mediante una simulación bajo condiciones reales de producción para tener valores objetivos y se tomó en cuenta a:

- Utilización del galpón y equipos
- Mano de obra
- Pollito de 1 día
- Calefacción

- Gastos varios
- Alimentación
- Pigmento comercial utilizado
- Procesamiento (solamente para los costos de pollo faenado)

Aplicando el valor de mercado que varía según la oferta y demanda de cada uno de los productos comerciales usados en el experimento junto con los indicadores zootécnicos de consumo de alimento, peso vivo y peso faenado de las aves se calculó de consumo promedio de xantofilas (mg de xantofilas por pollo) y su respectivo impacto económico por unidad de peso de pollo vivo y faenado a los 42 y 49 días de edad.

#### **4.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron procesados y tabulados en Microsoft Excel®, luego se exportaron al paquete SPSS® versión 22.0 para su análisis estadístico. Mediante la prueba de Shapiro Wilk ( $n < 50$ ) se verificó la normalidad de los datos, en caso de requerirse se aplicó la transformación de datos por Arcoseno y Log-10, y finalmente se procedió al análisis estadístico paramétrico mediante un ANOVA. Las diferencias estadísticas entre tratamientos se determinaron mediante la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ), y los resultados que estuvieron entre 0,051 y 0,10 se consideraron como una tendencia estadística ya que, aunque no cumplen con el criterio tradicional de significancia ( $p \leq 0,05$ ), sugiere una posible diferencia entre tratamientos que podría ser biológicamente relevante.

## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Intensidad de pigmentación con el abanico colorimétrico de DSM para piel de pollo

El análisis de la pigmentación en pollos mediante el abanico colorimétrico de DSM (Tabla 7) reveló diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos, a pesar de que todos contenían la misma cantidad de xantofilas (XA), suministradas con diferentes tipos de pigmentos comerciales. Al evaluar la piel de la pechuga a los 49 días de edad (0 horas postfaena), el tratamiento T1 (pigmento líquido con 1,5% de XA) mostró los valores más altos de pigmentación tanto en hembras ( $204,5 \pm 0,29$ ) como en machos ( $204,3 \pm 0,33$ ), siendo estadísticamente superior a T2 y T3. De forma similar, en el apterilo de pollos vivos a los 42 días, T1 también presentó mayor pigmentación ( $203,43 \pm 0,30$ ), con diferencia significativa frente a los demás tratamientos.

Estos resultados sugieren que el T1 favoreció una mayor intensidad de pigmentación en la piel del pollo, tanto en el período prefaena como inmediatamente después del sacrificio. Este hallazgo coincide con los resultados de estudios previos, como el de Rajput *et al.* (2012), quienes evaluaron la administración de extracto de flor de caléndula, un pigmento natural, en dosis de 100, 150 y 200 mg/Kg de alimento. Los resultados de este estudio demostraron que el extracto mejoró la pigmentación de los músculos de la pechuga y el muslo, siendo la suplementación con 200 mg/kg de alimento la que generó los mejores resultados, optimizando tanto el color de la canal como el tarso.

Por otro lado, el estudio realizado por Li *et al.* (2020) evaluó los efectos de la inclusión de extracto de pigmentos xantofílicos de caléndula en la alimentación de pollos de engorde, utilizando concentraciones de 300, 500 y 900 mg/Kg. En este caso, los resultados indicaron que la mayor intensidad de pigmentación amarilla en la piel del tarso se alcanzó con la dosis más alta de XA adicionales, lo que igualmente coincide con los resultados obtenidos en el estudio actual.

El T1 mostró una mayor eficacia en pigmentación respecto a T2 y T3, lo que se atribuye a su presentación líquida, que mejora la biodisponibilidad de XA gracias a su vehículo excipiente que optimiza la absorción (Estévez & Carné, 2018). Esto coincide con los hallazgos de Šimoliūnas *et al.* (2019), quienes, en un estudio con ratas de laboratorio suplementadas con vitamina D en distintos vehículos, demostraron que las formulaciones líquidas presentan biodisponibilidad superior a las sólidas. Esto se debe a que no requieren procesos fisiológicos complejos para liberar la sustancia activa en los tejidos, sino que esta se encuentra disponible de manera inmediata.

**Tabla 7.** Valores de pigmentación de acuerdo con el abanico colorimétrico de DSM para piel de pollo en tarso, apterilo derecho y pechuga

Lugar de evaluación	Edad, días	Machos						Hembras					
		T1		T2		T3		T1		T2		T3	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Tarso, <i>in vivo</i>	28	207,90	0,40	207,57	0,20	207,86	0,14	207,43	0,20	207,71	0,18	207,57	0,30
	35	207,70	0,18	207,71	0,29	207,43	0,20	207,86	0,26	207,43	0,20	207,43	0,20
	42	208,40	0,20	208,43	0,20	208,00	0,22	207,86	0,26	208,29	0,18	207,71	0,18
	49	208,90	0,14	209,00	0,00	209,00	0,00	208,71	0,18	209,00	0,00	208,71	0,18
Apterilo, <i>in vivo</i>	42	203,30	0,18	203,14	0,14	203,29	0,29	<b>203,43b</b>	<b>0,30</b>	<b>203,00a</b>	<b>0,00</b>	<b>203,00a</b>	<b>0,00</b>
	49	203,90	0,14	204,00	0,31	204,14	0,26	203,71	0,29	204,14	0,26	204,00	0,22
Piel de la pechuga posfaena	42; 0h PF	204,80	0,25	204,67	0,33	204,5	0,29	205,00	0,58	205,00	0,00	204,00	0,00
	42; 24hPF	204,80	0,25	204,67	0,33	204,75	0,25	205,00	0,58	205,00	0,00	204,00	0,00
	49; 0h PF	<b>204,30b</b>	<b>0,33</b>	<b>203,50a</b>	<b>0,29</b>	<b>204,00ab</b>	<b>0,00</b>	<b>204,50b</b>	<b>0,29</b>	<b>204,00a</b>	<b>0,00</b>	<b>204,00a</b>	<b>0,00</b>
	49; 24hPF	205,00	0,00	204,00	0,00	204,00	0,00	204,00	0,58	203,67	0,33	203,75	0,25

T1: pigmento líquido (GP Oro al 1,5% de XA); T2: pigmento premix (GP oro al 4% de XA); T3: pigmento premix (Xantinex al 4% de XA).  
**XA adicionadas en los tratamientos:** 0 a 8 días de edad 0 mg/Kg de alimento; 9 a 21 días de edad 30 mg/Kg de alimento; 22 a 49 días de edad 55 mg/Kg de alimento.

EE: error estándar; 0h PF: cero horas posfaena; 24h PF: 24 horas posfaena.

ab literales diferentes en la misma fila denotan diferencias estadísticas según la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ )

## 5.2. Intensidad de pigmentación con el abanico colorimétrico de Quimtia para piel de pollo

El análisis estadístico de los datos obtenidos mediante el abanico colorimétrico de Quimtia reveló diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ) en determinadas evaluaciones. En machos de 49 días de edad, evaluados *in vivo* en el apterilo derecho, los tratamientos T2 ( $104,05 \pm 0,31$ ) y T3 ( $104,00 \pm 0,22$ ) presentaron valores significativamente más altos de pigmentación en comparación con T1 ( $103,20 \pm 0,26$ ), sin diferencias estadísticas entre T2 y T3.

En el caso de las hembras, la mayor intensidad de pigmentación se observó en el tarso a los 28 días, donde el tratamiento T1 ( $107,29 \pm 0,18$ ) fue significativamente superior a T2 y T3. Este resultado sugiere que, en etapas tempranas, la formulación líquida de T1 puede ofrecer una mejor biodisponibilidad y absorción de las xantofilas, lo que coincide con observaciones previas de Estévez y Carné (2018). Por otro lado, los resultados obtenidos en machos a los 49 días en el apterilo respaldan la eficacia de los tratamientos premix (T2 y T3), coincidiendo con los hallazgos de Tepox et al. (2017), quienes reportaron una mayor deposición de xantofilas en piel y plasma con el uso de 200 ppm de pigmento, evidenciando una respuesta dosis-dependiente en la pigmentación, lo que indica que el efecto del tipo de pigmento sobre la pigmentación dérmica varía con la edad, el sexo y el sitio anatómico evaluado. Mientras que T1 (líquido) favorece la pigmentación en etapas tempranas, los tratamientos T2 y T3 (premix con 4% de XA) muestran mayor eficacia en periodos finales del ciclo productivo, particularmente en machos.

Estos resultados sugieren que T2 y T3 fueron más eficaces en la intensidad de pigmentación a nivel del apterilo *in vivo* a los 49 días de edad; resultado que coincide con Tepox et al. (2017) quienes analizaron seis niveles diferentes de XA (65, 92, 119, 146, 173 y 200 ppm). El tratamiento con 200 ppm resultó en las mayores concentraciones de XA tanto en el plasma como en la piel.

De igual forma estos mismos autores, observaron que las hembras presentaron una pigmentación superior, con un incremento de 2,24 unidades de coloración en la piel por cada día de consumo de XA, en comparación con los machos demostrando que el resultado del T1 en donde empezó a existir diferencia significativa ( $P < 0,5$ ) en hembras 21 días después de la ingesta demostrando el poder de la hembra de asimilar pigmentos debido a su mayor cantidad de grasa subcutánea (Estévez & Carné, 2018) Otros autores también obtuvieron resultados similares donde la hembra desarrolla mejor la pigmentación cuando ingieren la misma cantidad de alimento (Farbe, 2020), Muñoz et al., afirmaron en el 2012 que las

hembras ganaron 18 unidades más de amarillo cutáneo *in vivo* en comparación con los machos al ser alimentadas con concentraciones de XA entre los días 35 a 39.

**Tabla 8.** Valores de pigmentación de acuerdo con el abanico colorimétrico de Quimtia para piel de pollo en tarso, apterilo derecho y pechuga

Lugar de evaluación	Edad, días	Machos						Hembras					
		T1		T2		T3		T1		T2		T3	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
<b>Tarso, <i>in vivo</i></b>	<b>28</b>	106,86	0,14	107,14	0,14	107,00	0,00	107,29b	0,18	107,00ab	0,00	106,86a	0,14
	<b>35</b>	107,00	0,00	107,14	0,26	107,29	0,18	107,00	0,00	107,29	0,18	107,14	0,14
	<b>42</b>	107,86	0,14	107,71	0,18	107,57	0,20	107,29	0,18	107,43	0,20	107,43	0,20
	<b>49</b>	107,71	0,18	107,86	0,14	108,00	0,00	107,86	0,14	107,57	0,20	107,57	0,20
<b>Apterilo, <i>in vivo</i></b>	<b>42</b>	103,29	0,18	103,00	0,22	103,29	0,29	103,14	0,34	103,14	0,14	103,14	0,14
	<b>49</b>	103,43a	0,20	104,00b	0,22	104,00b	0,22	103,71	0,29	103,86	0,26	103,86	0,26
<b>Piel de la pechuga posfaena</b>	<b>42; 0h PF</b>	104,50	0,29	104,67	0,33	104,50	0,29	105,00	0,58	105,00	0,00	104,33	0,33
	<b>42; 24hPF</b>	104,75	0,25	104,33	0,33	104,75	0,25	105,00	0,58	105,00	0,00	104,67	0,33
	<b>49; 0h PF</b>	104,67	0,33	104,25	0,25	104,00	0,00	104,00	0,41	104,33	0,33	104,00	0,00
	<b>49; 24hPF</b>	104,67	0,33	104,25	0,25	104,00	0,00	104,50	0,29	104,00	0,58	103,75	0,25

**T1:** pigmento líquido (GP Oro al 1,5% de XA); **T2:** pigmento premix (GP oro al 4% de XA); **T3:** pigmento premix (Xantinex al 4% de XA).

**XA adicionadas en los tratamientos:** 0 a 8 días de edad 0 mg/Kg de alimento; 9 a 21 días de edad 30 mg/Kg de alimento; 22 a 49 días de edad 55 mg/Kg de alimento.

**EE:** error estándar; **0h PF:** cero horas posfaena; **24h PF:** 24 horas posfaena.

**ab** literales diferentes en la misma fila denotan diferencias estadísticas según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ )

### 5.3. Intensidad de pigmentación con el abanico colorimétrico de DSM para yema de huevo

Para esta evaluación se empleó el abanico colorimétrico de DSM diseñado para yema de huevo, dado que permite distinguir hasta 15 niveles de intensidad de pigmentación, superando la resolución de los abanicos específicos para piel de pollo (DSM: 9 escalas; Quimtia: 8 escalas). Esta mayor sensibilidad es especialmente útil para detectar diferencias sutiles de coloración dérmica en pollos de engorde.

El análisis estadístico de los valores de pigmentación mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ) en diversas variables, (Tabla 10). En machos, la evaluación del tarso a los 42 días reveló mayor pigmentación con T1 ( $10,00 \pm 0,22$ ), mientras que, a los 49 días, el valor más alto se registró con T3 ( $11,00 \pm 0,22$ ), superando a T1 y T2 de forma significativa. En la piel de la pechuga posfaena de machos, a los 42 días (24h PF), T2 ( $4,00 \pm 0,00$ ) mostró la mayor pigmentación, mientras que, a los 49 días, tanto a las 0h PF (T1:  $3,67 \pm 0,33$ ) como a las 24h PF (T1:  $4,00 \pm 0,00$ ), T1 fue significativamente superior, lo que sugiere una mejor retención de pigmento postmortem.

En hembras, T2 fue estadísticamente superior en la pigmentación del tarso a los 35 días ( $8,29 \pm 0,18$ ), y en el apterilo a los 42 días, el mayor valor fue registrado por T1 ( $3,14 \pm 0,26$ ). Estos resultados refuerzan la eficacia diferencial de los pigmentos según la edad, sexo y tejido evaluado. En general, T1 (pigmento líquido) demostró una mayor eficacia en etapas intermedias y postmortem, mientras que T2 y T3 (pigmentos premix) fueron más efectivos hacia el final del periodo de engorde, particularmente en tarsos. Este comportamiento sugiere que, más allá de la cantidad de xantofilas, la forma de presentación influye significativamente en la biodisponibilidad y depósito de pigmentos.

Estos resultados sugieren que los tres tratamientos presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), lo que indica que la suplementación con XA influye en la coloración final de los pollos de engorde. Este hallazgo coincide con estudios previos, como el de Muñoz *et al.* (2012), quienes determinaron que la liposolubilidad de las XA es directamente proporcional a la energía metabolizable presente en la dieta. Al aplicar 75 ppm de XA durante 21 y 49 días, se obtuvo una ganancia diaria de 0,59 unidades de pigmento cutáneo. En resumen, en la fase de finalización, es posible alcanzar hasta 18 unidades adicionales de pigmentación cutánea, al suministrar concentraciones ideales de XA en la dieta. De manera similar, el estudio de Paredes & Quispe (2022), que evaluó el uso de flor de caléndula como fuentes de

carotenoides en la alimentación de pollos de engorde de doble propósito, encontró que esta fuente de XA impactó positivamente en la pigmentación de la piel de la pechuga,

Finalmente, el estudio de *Wei et al. (2023)* concluyó que los diferentes tipos de XA (incluyendo caléndula, luteína y pigmento monohidróxilo) aumentaron significativamente la pigmentación de la piel, la pigmentación de la canal y la grasa abdominal a partir del día 14 de ingesta.

**Tabla 9.** Valores de pigmentación de acuerdo con el abanico colorimétrico de DSM para yema de huevo en tarso, apterilo derecho y piel de la pechuga

Lugar de evaluación	Edad, días	Machos						Hembras					
		T1		T2		T3		T1		T2		T3	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Tarso, <i>in vivo</i>	28	7,57	0,53	7,86	0,40	7,29	0,29	7,71	0,29	7,71	0,36	7,43	0,30
	35	7,57	0,43	8,29	0,47	8,00	0,31	7,57a	0,20	8,29b	0,18	8,00ab	0,31
	42	10,00b	0,22	9,71b	0,18	9,00a	0,22	9,57	0,30	9,14	0,34	9,14	0,14
	49	10,29a	0,18	10,86ab	0,26	11,00b	0,22	10,14	0,34	10,71	0,36	10,00	0,22
Apterilo, <i>in vivo</i>	42	2,86	0,26	2,71	0,29	2,57	0,37	3,14b	0,26	2,43a	0,20	2,71ab	0,18
	49	3,71	0,18	3,57	0,20	4,00	0,22	3,14	0,14	3,43	0,30	3,71	0,29
Piel de la pechuga posfaena	42; 0h PF	3,25	0,48	3,67	0,33	3,00	0,00	3,33	0,88	4,50	0,50	3,33	0,33
	42; 24h PF	3,25a	0,25	4,00b	0,00	3,25a	0,25	3,33	0,33	4,50	0,50	3,67	0,33
	49; 0h PF	3,67b	0,33	2,75a	0,25	3,33ab	0,33	3,25	0,25	2,67	0,33	2,75	0,25
	49; 24h PF	4,00b	0,00	3,00a	0,41	3,33ab	0,33	3,25	0,48	3,00	0,00	2,50	0,29

**T1:** pigmento líquido (GP Oro al 1,5% de XA); **T2:** pigmento premix (GP oro al 4% de XA); **T3:** pigmento premix (Xantinex al 4% de XA).

**XA adicionadas en los tratamientos:** 0 a 8 días de edad 0 mg/Kg de alimento; 9 a 21 días de edad 30 mg/Kg de alimento; 22 a 49 días de edad 55 mg/Kg de alimento.

**EE:** error estándar; **0h PF:** cero horas posfaena; **24h PF:** 24 horas posfaena.

**ab** literales diferentes en la misma fila denotan diferencias estadísticas según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ )

#### 5.4. Análisis económico

En cuanto a los costos de producción (Tabla 10), tanto para pollo vivo como para faenado a los 42 y 49 días de edad se observa que los valores del alimento oscilaron entre 0,730 y 0,738 USD/Kg sin mayores variaciones lo que sugiere que la fuente de xantofilas utilizado tuvo un bajo impacto en el costo del alimento. Sin embargo, al analizar el costo por concepto de alimentación por Kg de pollo vivo, se observa que el T3 presentó el menor costo tanto a los 42 días (1,295 USD/Kg) como a los 49 días (1,424 USD/Kg), lo que indica una mejor eficiencia en la conversión del alimento, por otro lado, el T2 mostró los valores más altos, con 1,363 USD/Kg y 1,459 USD/Kg a los 42 y 49 días, respectivamente. Este comportamiento no necesariamente se explica por efecto de los tratamientos aplicados, considerando que las XA adicionadas al alimento no tienen efecto alguno sobre la productividad o mortalidad concordando con el estudio de Mora (2014), que obtuvo mejores resultados productivos en el tratamiento control que los tratamientos en los que se adiciono XA a través de harina de achiote.

El costo de alimentación representó entre el 63,96% y el 66,92% del costo total a los 42 días, aumentando a valores entre 69,25% y 73,22% a los 49 días; esta variación indica que a medida que avanza la edad, el costo de alimentación tiene una mayor incidencia en el costo total de producción; valores que tienen una relación con lo reportado por diferentes autores Campo et al. (2013) en su estudio marcaron un promedio de 71,20% en diferentes granjas medidas, además Ostorga, (2021) y Mejía (2022) en sus publicaciones hablaron de un 70% del costo de producción final.

A los 42 días, el costo del pollo vivo presentó variaciones entre tratamientos, siendo menor en T3 (1,936 USD/Kg), seguido de T2 (2,095 USD/Kg) y T1 (2,085 USD/Kg). Una tendencia similar se observó a los 49 días, donde T3 mostró el menor costo (1,971 USD/kg), sugiriendo que este tratamiento favoreció una mayor rentabilidad en términos de producción. De la misma manera, el costo del pollo faenado también reflejó la misma tendencia: a los 42 días, los valores oscilaron entre 2,538 USD/Kg (T3) y 2,749 USD/Kg (T1), mientras que, a los 49 días, los costos fueron ligeramente menores en todos los tratamientos, destacando nuevamente T3 con el menor costo (2,537 USD/kg). Para el pollo faenado, T3 también resultó en el menor costo a ambas edades, alcanzando valores de 1,152 USD/lb a los 42 días y 1,151 USD/lb a los 49 días

Por otro lado, al analizar los costos de pigmentación, se observa que el T2 presenta el valor más bajo en pollo vivo y faenado, seguido por el T3, siendo el T1 el más costoso por concepto

de pigmentación. La concentración de XA en el pigmento líquido de T1 es del 1,5%, mientras que los otros tratamientos (T2 y T3) vienen al 4%, lo que permite una mayor eficiencia en su uso y una menor cantidad de producto necesario para alcanzar la dosis adecuada de XA en la dieta.

**Tabla 10.** Costos de producción por unidad de peso de pollo vivo y faenado a los 42 y 49 días de edad

Variable	Edad	Tratamiento		
		T1	T2	T3
Costo medio del alimento \$ USD/Kg de alimento (\$)	42 d	0,735	0,730	0,738
	49 d	0,734	0,729	0,736
Costo por concepto de alimentación, \$ USD/Kg de pollo vivo	42 d	1,334	1,363	1,295
	49 d	1,508	1,459	1,424
Representación del alimento sobre el costo total, %	42 d	63,96%	65,04%	66,92%
	49 d	69,25%	70,33%	72,22%
Costo de pollo vivo, \$ USD/Kg	42 d	2,085	2,095	1,936
	49 d	2,178	2,074	1,971
Costo de pollo faenado, \$ USD/Kg	42 d	2,749	2,729	2,538
	49 d	2,712	2,649	2,537
Costo de pollo vivo, \$ USD/Lb	42 d	0,946	0,951	0,878
	49 d	0,988	0,941	0,894
Costo de pollo faenado, \$ USD/Lb	42 d	1,247	1,238	1,152
	49 d	1,231	1,202	1,151

**T1:** pigmento líquido (GP Oro al 1,5% de XA); **T2:** pigmento premix (GP oro al 4% de XA); **T3:** pigmento premix (Xantinex al 4% de XA).

**XA adicionadas en los tratamientos:** 0 a 8 días de edad 0 mg/Kg de alimento; 9 a 21 días de edad 30 mg/Kg de alimento; 22 a 49 días de edad 55 mg/Kg de alimento.

En la Tabla 10 se presentan los costos por concepto de pigmentación en pollo vivo y faenado a los 42 y 49 días de edad en los tres tratamientos evaluados. Los tratamientos difieren en el tipo de producto comercial utilizado para la suplementación de xantofilas, pero mantienen la misma cantidad adicionada en la dieta, lo que explica que el consumo total de xantofilas por pollo fue relativamente similar entre tratamientos en ambas edades evaluadas, con valores entre 194,2 mg/pollo (T3) y 202,5 mg/pollo (T2) a los 42 días, y entre 284,1 mg/pollo (T3) y 308,4 mg/pollo (T1) a los 49 días.

**Tabla 11.** Costos por concepto de pigmentación en pollo vivo y faenado a los 42 y 49 días de edad

Variable	Edad	Tratamiento		
		T1	T2	T3
Concentración de Xantofilas en el producto comercial (% y mg/Kg)	N/A	1,5% 15.000 mg/Kg	4,0% 40.000 mg/Kg	4,0% 40.000 mg/Kg
Costo de pigmento comercial, \$/Kg	N/A	\$ 5,75	\$ 10,70	\$ 12,50
Dosis de pigmento comercial, ppm	8 - 21 d	1.700,00	630,00	630,00
	22 - 49 d	3.300,00	1.250,00	1.250,00
Costo por dosis de pigmento comercial, \$/dosis en TM	8 - 21 d	\$ 9,775	\$ 6,741	\$ 7,875
	22 - 49 d	\$ 18,975	\$ 13,375	\$ 15,625
Consumo de Xantofilas totales, mg/pollo	42 d	199,3	202,5	194,2
	49 d	308,4	304,4	284,1
Costo de pigmentación, \$ USD/Pollo vivo	42 d	0,076	0,054	0,061
	49 d	0,118	0,081	0,089
Costo de pigmentación, \$ USD/Kg de pollo vivo	42 d	0,030	0,022	0,024
	49 d	0,035	0,024	0,027
Costo de pigmentación, \$ USD/Lb de pollo vivo	42 d	0,014	0,010	0,011
	49 d	0,016	0,011	0,012
Costo de pigmentación, \$ USD/Kg de pollo faenado	42 d	0,039	0,028	0,031
	49 d	0,044	0,030	0,035
Costo de pigmentación, \$ USD/Lb de pollo faenado	42 d	0,018	0,013	0,014
	49 d	0,020	0,014	0,016
Representación de la pigmentación sobre el costo del pollo vivo, %	42 d	2,00%	1,47%	1,77%
	49 d	1,43%	1,03%	1,23%
Representación de pigmentación sobre el costo del pollo faenado, %	42 d	1,61%	1,15%	1,38%
	49 d	1,88%	1,34%	1,62%

**T1:** pigmento líquido (GP Oro al 1,5% de XA); **T2:** pigmento premix (GP oro al 4% de XA); **T3:** pigmento premix (Xantinex al 4% de XA). N/A: no aplica. **ppm:** partes por millón (g/TM). **TM:** tonelada métrica **XA** adicionadas en los tratamientos: 0 a 8 días de edad 0 mg/Kg de alimento; 9 a 21 días de edad 30 mg/Kg de alimento; 22 a 49 días de edad 55 mg/Kg de alimento.

Los costos de los productos comerciales utilizados variaron de manera importante, con el pigmento del T3 presentando el valor más alto (\$12,50/Kg), seguido de T2 (\$10,70/Kg) y T1 (\$5,75/Kg). El análisis del costo de pigmentación por kilogramo de pollo vivo mostró que el T2 presentó el menor costo (\$0,022/Kg a los 42 días y \$0,024/Kg a los 49 días), mientras que el T1 y T3 registraron costos más elevados. A pesar del menor costo de T2, es importante considerar que este tratamiento utilizó un pigmento con un menor costo unitario que T3, lo que puede explicar estas diferencias.

En cuanto al pollo faenado, los costos de pigmentación siguieron la misma tendencia, con T2 mostrando los valores más bajos (\$0,028/Kg a los 42 días y \$0,030/Kg a los 49 días), mientras que el T1 y T3 tuvieron costos ligeramente superiores. La pigmentación representó entre el 1,47% y el 2,00% del costo total del pollo vivo a los 42 días y entre el 1,03% y el 1,43% a los 49 días, mostrando una disminución proporcional con el aumento de la edad del pollo. Este comportamiento sugiere que el impacto relativo del costo del pigmento sobre el costo de producción es mayor en edades más tempranas. Para el pollo faenado, la proporción del costo de pigmentación sobre el total también disminuyó con la edad, aunque se mantuvo en niveles similares a los observados en el pollo vivo. A los 42 días, los valores oscilaron entre 1,15% (T2) y 1,61% (T1), mientras que a los 49 días la representación fue menor, con valores entre 1,34% (T2) y 1,88% (T1).

## 6. Conclusiones

La inclusión de pigmentantes en la formulación de las dietas para pollos de engorde tiene un impacto positivo en el color de la piel y tarsos de las aves, observándose mayores intensidades desde los 28 días de edad; este efecto se presenta de manera progresiva y acumulativa, alcanzando en este estudio su máximo desarrollo y mejor resultado a los 49 días de edad de las aves.

El Tratamiento 1 mostró los mejores resultados en pigmentación, lo cual se atribuye a su presentación física líquida, que permite una biodisponibilidad. Su disposición inmediata facilita la fijación de las xantofilas, en comparación con los demás tratamientos, que requieren procesos de absorción más largos.

El uso de productos comerciales para la pigmentación ofrece resultados positivos en la coloración del tarso, pico y piel de los pollos de engorde, tanto en aves vivas como faenadas. Sin embargo, estos resultados no dependen exclusivamente de los productos, sino que también están influenciados por diversos factores relacionados con el manejo y la crianza de las aves.

La inclusión de pigmentos comerciales con diferentes concentraciones de xantofilas tuvo un leve efecto sobre el costo medio del alimento, lo que sugiere que la variación en los costos de producción por unidad de peso de pollo vivo y faenado está relacionada con indicadores productivos.

La relación costo-beneficio favorece el uso de estos aditivos, ya que, aunque el costo por kilogramo de peso vivo o faenado aumenta, el producto final se vuelve más atractivo para el consumidor, resultando en una mejor aceptación en el mercado y, por ende, un mayor valor monetario.

## Referencias

- Abdelqader, A. M., Abuajamieh, M., Hammad, H. M., & Al-Fataftah, A. A. (2017). Effects of dietary butyrate supplementation on intestinal integrity of heat-stressed cockerels. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 101(6), 1115–1121. <https://doi.org/10.1111/jpn.12622>
- Abdullah, M. (2004). Refinación del petróleo y sus productos derivados. *Encyclopedia of Energy*, 715-729. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B012176480X00259X>
- Aguirre, E., Piña, P., Garza, M., Guzmán, L., Montoya, R., Torres, J., & Nieves, M. (2012). Efecto de las xantofilas de la flor de cempasúchil *Tagetes erecta* L. en la acumulación de astaxantina y la sobrevivencia de postlarvas del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(2), 249-257. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-27382012000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000200004&lng=es&tlng=es).
- agriNews. (2019). Cadena de Frío en Mataderos Avícolas. *aviNews, la Revista Global de Avicultura*. <https://avinews.com/cadena-de-frio-en-mataderos-avicolas/#:~:text=Durante%20el%20proceso%20de%20evisceraci%C3%B3n,valores%20que%20establece%20la%20normativa>.
- Agrocalidad. (2023). *Ecuador exporta por primera vez carne de pollo*. Agrocalidad. <https://www.agrocalidad.gob.ec/ecuador-exporta-por-primera-vez-carne-de-pollo/#>
- Alcívar, D. (2014). *Evaluación del pigmentante natural harina de achiote (Bixa orellana L.) en pollos en pie*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. <http://201.159.223.180/bitstream/3317/2708/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-41.pdf>
- Alvarado, E., Luyano, J., & Téllez, R. (2012). Caracterización del consumidor de la carne de pollo en el área metropolitana de Monterrey. *Región y sociedad*, 24(54), 175-199. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252012000200006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252012000200006)
- Anchapaxi, D. (2021). *Utilización de 3 niveles de harina de zanahoria (Daucus carota) en la etapa de finalización para la pigmentación de la carne de pollo*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio digital UTC. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8693/1/PC-002063.pdf>

- Añoover, I. & Díaz, J. (2021). *Salud Intestinal: la gran aliada de la pigmentación*. aviNews. <https://avinews.com/salud-intestinal-la-gran-aliada-de-la-pigmentacion-de-la-piel-de-los-pollos/>
- Bampidis, V., Azimonti, G., De Lourdes Bastos, M., Christensen, H., Dusemund, B., Kouba, M., Durjava, M. K., López-Alonso, M., Puente, S. L., Marcon, F., Mayo, B., Pechová, A., Petkova, M., Ramos, F., Sanz, Y., Villa, R. E., Woutersen, R., Bories, G., Costa, L. G., . . . Aquilina, G. (2019). Safety and efficacy of lutein and lutein/zeaxanthin extracts from *Tagetes erecta* for poultry for fattening and laying (except turkeys). *EFSA Journal*, 17(5). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5698>
- Benavides, J. & Salazar, M. (2019). *Análisis del almacenaje en la comercialización del pollo en canal, manteniendo los estándares de la cadena de frío*. [Tesis de pregrado]. Universidad piloto de Colombia, Cundinamarca. <https://todocarne.es/wp-content/uploads/ANA%CC%81LISIS-DEL-ALMACENAJE-EN-LA-COMERCIALIZACION-DEL-POLLO-EN-CANAL-MANTENIENDO-LOS-ESTANDARES-DE-LA-CADENA-DE-FRIO-RE.pdf>
- Bernstein, P. S., Li, B., Vachali, P. P., Gorusupudi, A., Shyam, R., Henriksen, B. S., & Nolan, J. M. (2016). Lutein, zeaxanthin, and meso-zeaxanthin: The basic and clinical science underlying carotenoid-based nutritional interventions against ocular disease. *Progress in retinal and eye research*, 50, 34–66. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2015.10.003>
- Canet, Z., Cántaro, H., Almada, N., Ruiz, P., & Martín, J. (2018). *Guía de buenas prácticas para el uso y construcción del faenado de aves-inta*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/produccion\\_avicola/193-faena\\_de\\_aves.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/193-faena_de_aves.pdf)
- Cao, C., Chowdhury, V. S., Cline, M. A., & Gilbert, E. R. (2021). The Microbiota-Gut-Brain Axis During Heat Stress in Chickens: A Review. *Frontiers in physiology*, 12, 752265. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.752265>
- Cariño, A. (2019). *Saponificación: la química de los jabones*. NAE Cosmética. <https://www.naecosmetica.mx/blogs/noticias/saponificacion-la-quimica-de-los-jabones#:~:text=La%20saponificaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso,formaci%C3%B3n%20de%20jab%C3%B3n%20y%20glicerina.>

- Carné, S. (2015). *Xantofilas naturales en el huevo cuando no basta con tener un buen color*. Nutrinews.com. <https://nutrinews.com/download/nutrinews-1115-ITPSA-Xantofilas-naturales.pdf>
- Cisneros, F., & Umar, M. (2021). *The Pigmentation of Poultry Products I: Sources of Carotenoids*. Dsm-firmenich.com. <https://www.dsm-firmenich.com/anh/news/feed-talks/articles/the-pigmentation-of-poultry-products-i-sources-of-carotenoids.html>
- Cryan, J. F., & Dinan, T. G. (2012). Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nature reviews. Neuroscience*, 13(10), 701–712. <https://doi.org/10.1038/nrn3346>
- Del Río, J., & Méndez, A. (2016). Micotoxinas que afectan la industria avícola. *Sitio argentino de Producción Animal*. [https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/Micotoxicosis/11-Micotoxinas\\_Avicola.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/11-Micotoxinas_Avicola.pdf)
- Del Villar, A., Serrato, M., Arenas, M., Solano, A., Quintero, A., Sánchez, J., Evangelista, S., Jiménez, A., García, F., & Vanegas, P. (2007). Carotenoides en *Tagetes Erecta* L. la modificación genética como alternativa. *Revista Fitotécnica Mexicana*, (30) 2, 109-118. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030201.pdf>
- DVA. (2023). *Proveedores de materias primas: importancia del uso de colorantes para la producción avícola*. DVA. <https://dva.com/mx/blog-mx/proveedores-de-materias-primas-importancia-del-uso-de-colorantes-para-la-produccion-avicola/>
- Ecobusiness. (2021). *Guía para el faenamiento de aves*. [www.Ecobusiness.fund](http://www.Ecobusiness.fund). [https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user\\_upload/Sustainability\\_Academy/Recursos/Guia\\_para\\_el\\_faenamiento\\_de\\_aves\\_con\\_resumen.pdf](https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_el_faenamiento_de_aves_con_resumen.pdf)
- Estévez, J., & Carné, S. (2018). Factores que afectan a la pigmentación en pollos. *Avinews.com, Revista Global de Avicultura*. <https://avinews.com/factores-que-afectan-a-la-pigmentacion-de-los-pollos/>
- FAO. (2017). *Capítulo 2 - Composición de las grasas alimentarias*. <https://www.fao.org/4/V4700S/v4700s06.htm>
- FAO). (2017). *VITAMINAS*. <https://www.fao.org/4/w0073s/w0073s0f.htm>

- Farbe. (2020). *3 Factores que influyen en la pigmentación de la piel de pollo y yema de huevo*.  
Farbe. <https://farbe.com.mx/3-factores-influyen-en-la-pigmentacion-la-piel-pollo-yema-huevo/>
- Forountankhan, M., Toghyani, M., & Landy, N. (2019). Evaluation of *Calendula officinalis* L. (marigold) flower as a natural growth promoter in comparison with an antibiotic growth promoter on growth performance, carcass traits and humoral immune responses of broilers. *Animal Nutrition* (5)3, 314-318.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654518303056>
- Frade, N., Hernández, X., Fuente, B., Quiroz, M., Àvila, E., & Tellez, G. (2016). Effect of the infection with *Eimeria Acervuline*, *E. maxima* and *E. tenella* on pigment absorption and skin deposition in broiler chickens. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 48(2).  
<https://www.redalyc.org/journal/5017/501752375010/501752375010.pdf>
- Galobart, J., Sala, R., Rinco'n, X., Manzanilla, E., Vila, B., & Gasa, J. (2004). Egg Yolk Color as Affected by Saponification of Different Natural Pigmenting Sources. *Poultry Science Association, Inc*, (13), 328-334.  
[https://www.researchgate.net/publication/237683725\\_Egg\\_Yolk\\_Color\\_as\\_Affected\\_by\\_Saponification\\_of\\_Different\\_Natural\\_Pigmenting\\_Sources](https://www.researchgate.net/publication/237683725_Egg_Yolk_Color_as_Affected_by_Saponification_of_Different_Natural_Pigmenting_Sources)
- Gallardo, E. (2017). *Efecto de la harina de tagetes erecta en la canal y la pigmentación de la piel del pollo broiler*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio digital UTMACH. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11712>
- Gordillo, A., Shastak, Y., Crouzet, R., & Wernick, B. (2023). Beneficios y optimización de la pigmentación avícola. *AviNews.com, Revista Global de Avicultura*.  
<https://avinews.com/beneficios-y-optimizacion-de-la-pigmentacion-avicola/>
- Hamelin, C., Martínez, R., & Martínez, S. (2012). *Efectos de los carotenoides del pienso sobre el color de la canal y de las patas de los pollos*. DMS Nutritional Products.  
[https://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/carotenoides\\_del\\_pienso\\_sobre\\_color\\_de\\_la\\_canal\\_y\\_las\\_patas\\_-\\_hamelin,\\_c.pdf](https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/carotenoides_del_pienso_sobre_color_de_la_canal_y_las_patas_-_hamelin,_c.pdf)
- Hernández, M. (2018). *La pigmentación de huevos y pollos de engorda*. BMeditores.  
<https://bmeditores.mx/avicultura/la-pigmentacion-de-huevos-y-pollos-de-engorda-1254?>

- HIPRA. (2022). *Coccidiosis in chickens: Effects on skin pigmentation*. Eimeria prevention. <https://eimeriaprevention.com/coccidiosis-in-chickens-pigmentation/>
- Italcol. (2019). *Portafolio de materias primas*. Italcol.com. <https://italcol.com/wp-content/uploads/2019/09/BROCHURE-MATERIAS-PRIMAS-baja.pdf>
- Italcol. (2019). *Manual práctico para la producción de pollo pigmentado*. Italcol.com. [https://italcol.com/wp-content/uploads/2019/09/Manual-Pollo-Engorde-Li%CC%81nea-Dorada\\_c.pdf](https://italcol.com/wp-content/uploads/2019/09/Manual-Pollo-Engorde-Li%CC%81nea-Dorada_c.pdf)
- Italcol. (2023). *La Pigmentación del pollo de engorde-Italcol*. Italcol. <https://italcol.com/la-pigmentacion-del-pollo-de-engorde/>
- Lara, A. (2023). *Suplementación alimenticia en pollos de engorde con harina de zanahoria (Daucus carota) y su incidencia en la pigmentación*. [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. Repositorio digital ULEAM. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4606>
- Li, R., Mendoz, O., & Vilchez, C. (2020). Evaluation of tarsus pigmentation in Chickens Fed with Different Levels of Xanthophyll Pigment: A Practical Application of the CIELab System. *International Journal of Poultry Science*, 19(6), 256-259. <https://scialert.net/fulltext/?doi=ijps.2020.265.269>
- Martinez, M. (2003). *Efecto de niveles de xantofilas de flor de cempasuchil sobre la pigmentacion de la piel en pollo de engorda*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio digital UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3494134>
- Mejía, L. (2022). *A medida que los precios de los ingredientes se disparan ¿Qué soluciones pueden ofrecer los nutricionistas avícolas?* Actualidad avipecuaria. <https://actualidadavipecuaria.com/a-medida-que-los-precios-de-los-ingredientes-se-disparan-que-soluciones-pueden-ofrecer-los-nutricionistas-avicolas/?utm>
- Meléndez, A., Pérez, G., Roca, M., Estévez, R., Alfonso, B., Mercadante, A., & Ornelas, J. (2010). *Biodisponibilidad de carotenoides, factores que la determinan y métodos de estimación*. Biodispeстина. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/172649/1/biodispeстина.pdf>
- Mendoza, M. (2017). *Uso de harina de zanahoria (Daucus carota) de descarte en la alimentación para la pigmentación natural de la canal de pollos broiler engorde*.

- Engormix. [https://www.engormix.com/avicultura/nutricion-pollos-engorde/uso-harina-zanahoria-daucus\\_a40284/](https://www.engormix.com/avicultura/nutricion-pollos-engorde/uso-harina-zanahoria-daucus_a40284/)
- Moleón, R. (2012). *Manejo pre-faena en pollos*. AvanGen Brief. [https://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/3911\\_aviagenbriefpreprocesshandling2012-es.pdf](https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/3911_aviagenbriefpreprocesshandling2012-es.pdf)
- Mora, C. (2014). *Utilización de harina de achoite (Bixia orellana L) como pigmentante en el engorde de pollos*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio digital UTMA. [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1451/7/CD523\\_TESIS.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1451/7/CD523_TESIS.pdf).
- Moreta, M. (2023). *En Ecuador el consumo de carne de pollo aumentó en el 3,14% en el 2022*. La Nación 2023. <https://lanacion.com.ec/en-ecuador-el-consumo-de-carne-de-pollo-aumento-en-el-314-en-el-2022/>
- Montoya, L. (1994). Vitamina A. *Revista colombiana de dermatología*, (3) 2, 59-63. [file:///C:/Users/User/Downloads/admin,+vitamina\\_a.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/admin,+vitamina_a.pdf)
- Muñoz, J., Fuente, B., Hernández, X., & Ávila, E. (2012). Skin pigmentation in broiler chickens fed various levels of metabolizable energy and xanthophylls from tagetes erecta. *Journal of Applied Poultry Research*, (21) 4, 788-796. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119306749>
- Orozco, R., Meleán, R., & Rodríguez, G. (2013). Costos de producción en la cría de pollos de engorde. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/article/download/9800/9787/>
- Ostorga, C. (2021). *Formulación de dieta de mínimo costo para aves Ross 308*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/39c77638-72f4-4436-89fc-25e356ca6514/content>
- Paredes, M., & Quispe, K. (2022). Efectos de la flor de Marigold (Tagetes erecta) y el rizoma de cúrcuma (Cúrcuma longa) como fuentes de carotenoides sobre el rendimiento productivo y las características de carcasa de pollos doble propósito en la fase de finalización. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(2), e22590. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172022000200004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172022000200004)

- Peña, M., Cortés, A., & Avila, H. (2004). Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) sobre la pigmentación de piel en pollos de engorda. *Técnica Pecuaria en México*, (42), 105-111. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61342109.pdf>
- Pita, C. (2022). Pigmentación en pollos de engorde con la suplementación de harina de achoite (*Bixa orellana*). [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. Repositorio digital ULEAM. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/5203/1/ULEAM-AGRO-0300.PDF>
- Quintana, A., Hurtado, M., Hernández, C., & Palacios, E. (2018). Carotenoides. ¿Qué son y para qué se usan?. *Revista Ciencia* (69)4, 50-55. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/69\\_4/PDF/10\\_69\\_4\\_1106\\_Carotenoides\\_L.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/69_4/PDF/10_69_4_1106_Carotenoides_L.pdf)
- Rajput, N., Naeem, M., Ali, S., Rui, Y., & Tian, W. (2012). Effect of Dietary Supplementation of Marigold Pigment on Immunity, Skin and Meat Color, and Growth Performance of Broiler Chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 14 (4), 233-304. <https://www.scielo.br/j/rbca/a/mZkwzkHmV7vNLzmDK8Z3fyP/?lang=en&format=pdf>
- Rodríguez, D., Erazo, J., & Narváez, C. (2019). Quantitative techniques of marketing research applied to meat consumption in Cuenca City millennial generation. *Revista espacios*, 40(32). <https://www.revistaespacios.com/a19v40n32/a19v40n32p20.pdf>
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., Saraiva, A., Abreu, M. L., Rodrigues, P. B., Oliveira, R. F., Barreto, S. L., & Brito, C. (2017). *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos*. Universidad de Viscosa. <https://eliasnutri.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/09/tablas-brasilec3b1as-aves-y-cerdos-cuarta-edicion-2017-11.pdf>
- Šimoliūnas, E., Rinkūnaitė, I., Bukelskienė, Ž., & Bukelskienė, V. (2019). Bioavailability of Different Vitamin D Oral Supplements in Laboratory Animal Model. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(6), 265. <https://doi.org/10.3390/medicina55060265>
- Santiago, K. (2021). *Pigmentos naturales y sintéticos en producción de pollo de engorde*. Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña. [https://www.researchgate.net/publication/352414638\\_pigmentos\\_naturales\\_y\\_sinteti](https://www.researchgate.net/publication/352414638_pigmentos_naturales_y_sinteti)

cos\_en\_produccion\_de\_pollo\_de\_engorde\_natural\_and\_synthetic\_pigments\_in\_broiler\_chicken\_production

- Simone, S. (2018). Avance genético y la genómica en el futuro de la reproducción avícola. *aviNews, la Revista Global de Avicultura*. <https://avinews.com/aviagen-avance-genetico-y-la-genomica/>
- Tkáčová, J., Haščík, P., & Pavelková, A. (2015). Efecto de la harina de alfalfa en la dieta sobre la calidad de la carne de pollo. *Revista científica para la industria alimentaria travinarsivo*, (9), 550-555. [https://www.researchgate.net/publication/291010475\\_The\\_effect\\_of\\_dietary\\_alfalfa\\_meal\\_on\\_the\\_chicken\\_meat\\_quality](https://www.researchgate.net/publication/291010475_The_effect_of_dietary_alfalfa_meal_on_the_chicken_meat_quality)
- Tepox, M., Fuente, B., Hernández, X., Quiroz, M., Ávila, E., & Téllez, G. (2017). Absorption and cutaneous deposition of yellow pigment in male and female broilers in response to different levels of xanthophylls from *Tagetes erecta*. *Austral journal of veterinary sciences*, 49(3), 167-173. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322017000300167>
- Thomas, S. E., & Harrison, E. H. (2016). Mechanisms of selective delivery of xanthophylls to retinal pigment epithelial cells by human lipoproteins. *Journal Of Lipid Research*, 57(10), 1865-1878. <https://doi.org/10.1194/jlr.m070193>
- Thomas, S. E., & Johnson, E.J. (2018). Xanthophylls. *Advances in Nutrition*, 9(2), 160-162. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5916423/>
- Tirado, F. (1991). *Memorias del X Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura*. In Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal (Ed.), *Pigmentos y pigmentación*. (pp. 181–197).
- Vera, A. (2020). *Efecto de la suplementación de xantófila saponificada con etoxiquia o tocoferol en pollos de engorde*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma-URP]. Repositorio digital URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/0a530264-6e5f-4e8c-be34-2d84ab5c1a68>
- Veterinaria Digital S.A. (2024). *El bienestar intestinal, clave en la pigmentación del pollo de engorde*. Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-bienestar-intestinal-clave-en-la-pigmentacion-del-pollo-de-engorde/>

- Wang, S., Zhang, L., Cong, J., Li, J., Gao, F., & Zhou, G. (2017). Effects of dietary marigold extract supplementation on growth performance, pigmentation, antioxidant capacity and meat quality in broiler chickens. *Asian-Australas. J Anim Sci* 30(1), 71-77. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27282969/>
- Wei, Y., Qin, K., Qin, X., Song, F., & Xu, X. (2023). Effects of different types of xanthophyll extracted from marigold on pigmentation of yellow-feathered chickens. *Animal Bioscience*, 36(12), 1853–1859. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0097>
- Wu, J., Lin, Z., Chen, G., Luo, Q., Nie, Q., Zhang, X., & Luo, W. (2021). Characterization of Chicken Skin Yellowness and Exploration of Genes Involved in Skin Yellowness Deposition in Chicken. *Frontiers In Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.585089>
- Zhu, N., Zhang, R., Wu, H. & Zhang, B. (2009). Effects of Lactobacillus cultures on growth performance, xanthophyll deposition, and color of the meat and skin of broilers. *Poultry Science association, Inc.* 18, 570-578.

## Anexos

### Anexo A. Ficha técnica GP Oro 1,5%



FT – GPL – 001E

QUIMTIA Centro Ind. Las praderas de Lurín Mz. A Lote 2 S.A. -

Lima 16 - Perú

VERSIÓN 0 2

Tel: +51(1) 630 6500 / Fax: +51(1) 630 6501

## GPL 15

**GPL 15** es una fuente natural de pigmentación en líquido estabilizada y saponificada de acción rápida, obtenida del extracto de pétalos de Flor de Marigold (*Tagetes erecta*).

Se compone básicamente de xantofilas como son trans luteína y trans zeaxantina, altamente biodisponibles para darle al

pigmento máxima absorción intestinal y eficiencia biológica.

Es destinado como pigmento aditivo en alimentos balanceados para aves, especialmente pollos de engorde y gallinas ponedoras, con la finalidad de colorear las partes grasas visibles de los animales (patas, picos, piel y yema de huevo).

### COMPONENTES

Oleoresina de Marigold, antioxidante, agua blanda y vehículos adecuados.

### ANÁLISIS DE GARANTÍA

Total de Xantofilas	15.00 g/kg	min
Etoxiquina	1,500 ppm	min

### APLICACIONES DE USO

Este producto está formulado para ser adicionado directamente al alimento. La dosificación se establece dependiendo de los niveles de pigmentación requeridos. Consulte con su nutricionista para determinar la dosificación adecuada.

### REQUERIMIENTO DE ALMACENAMIENTO

Las xantofilas en el **GPL 15** en líquido son estables y confiables cuando se almacenan a temperatura ambiente (30 °C máx.), en un ambiente seco y sin olores, en su envase original. No dejarlo expuesto a la luz del sol, por tratarse de un producto fotosensible.

### ESTABILIDAD

Los envases sin abrir tienen una vida útil de aproximadamente 12 meses a partir de la fecha de fabricación si se almacena en las condiciones especificadas.

### PRESENTACIÓN

Disponible en cubos o IBC de 1000 kg y bidones de 200 kg

## Anexo B. Ficha técnica GP Oro 4%



**FT – GPO – 006E** QUINTIA Centro Ind. Las praderas de Luri S.A. Mz. A Lote 2 Lima16 - Perú  
 VERSION 2 Tel: +51(1) 830 8500 / Fax: +51(1) 830 8501

## GP ORO 40

**GP ORO 40** es una fuente natural de pigmentación en polvo estabilizada y saponificada de acción rápida, obtenida del extracto de pétalos de Flor de Marigold (*Tagetes erecta*).

Se compone básicamente de xantofilas como son trans luteína y trans zeaxantina, altamente biodisponibles para darle al

pigmento máxima absorción intestinal y eficiencia biológica.

Es destinado como pigmento aditivo en alimentos balanceados para aves, especialmente pollos de engorde y gallinas ponedoras, con la finalidad de colorear las partes grasas visibles de los animales (patas, picos, piel y yema de huevo).

### COMPONENTES

Oleoresina de Marigold, antioxidante, agua blanda y vehiculos adecuados.

### ANALISIS DE GARANTIA

Total de Xantofilas	40.00 g/kg	min
Luteína	80%	min
Etoxiquina	5,000 ppm	min

### APLICACIONES DE USO

Este producto está formulado para ser adicionado directamente al alimento. La dosificación se establece dependiendo de los niveles de pigmentación requeridos. Consulte con su nutricionista para determinar la dosificación adecuada.

### REQUERIMIENTO DE ALMACENAMIENTO

Las xantofilas en el **GP ORO 40** en polvo son estables y confiables cuando se almacenan a temperatura ambiente (30 °C máx.), en un ambiente seco y sin olores, en su envase original. No dejarlo expuesto a la luz del sol, por tratarse de un producto fotosensible.

### ESTABILIDAD

Los paquetes sin abrir tienen una vida útil de aproximadamente 12 meses a partir de la fecha de fabricación si se almacena en las condiciones especificadas.

### PRESENTACIÓN

Disponible en bolsas de aluminio de 20 kg, selladas al vacío con aplicación de nitrógeno.

## Anexo C. Ficha técnica Xantinex



INEXA, INDUSTRIA EXTRACTORA C.A.

P.O.BOX 17-03-4581  
QUITO – ECUADORTELÉFONOS: 222-0410 222-0699  
222-0720 223-4440  
TELEFAX: (593) (2) 222-0886  
e-mail: info@inexa.com.ec**HOJA DE ESPECIFICACIONES  
XANTINEX S 40 GEL**

El XANTINEX S 40 GEL de INEXA C.A. es un extracto natural obtenido de flores de Marigold (*Tagetes erecta*) que ha sido sometido a un proceso de saponificación. Es un colorante natural que se utiliza también como agente pigmentante en alimentos avícolas. En su producción no se utiliza ningún tipo de solvente clorinado.

**DESCRIPCION**

Pasta de tonalidad oscura, emulsionable que se fluidiza cuando se aplica agitación mecánica (esfuerzo de cizalla constante). Tiene el olor dulce y fresco típico de marigold saponificado.

**CONTENIDO DE XANTOFILA**

Cada kilo de Xantinex S 40 contiene al menos 40 gramos por kilogramo de xantofilas (4%) medidas como luteína libre mediante espectrofotometría, utilizando el coeficiente de extinción  $A_{1\%}^{1\text{cm}}$  de 2589, en la longitud de onda de máxima absorción cerca de 445 nm. Los principales carotenoides encontrados son la luteína libre (con un contenido de t-luteína de al menos 50%) y la zeaxantina libre (contenido promedio del 9%). El contenido promedio de carotenoides libres (saponificados) es de 90% (mínimo). La presencia de isómeros trans es de al menos 65%.

**PUREZA**

Contiene únicamente extracto saponificado del extracto de la flor de *Tagetes erecta* al que se ha añadido antioxidante para preservar su estabilidad.

**INGREDIENTES**

Extracto saponificado de marigold y antioxidante.

**ESTABILIDAD QUIMICA**

Estable por lo menos 1 año bajo condiciones normales de almacenamiento en la oscuridad, a temperatura menor de 20°C y protegido de agentes oxidantes.

**ANTIOXIDANTES**

El Xantinex S 40 ha sido estabilizado con el preservante BHT aprobado para alimentos.

**SOLUBILIDAD**

Emulsionable con agua, donde forma dispersiones acuosas.

**APROBACIONES INTERNACIONALES**

USA: aprobado para uso avícola (21 CFR. 73.295)

## Anexo D. Pruebas de normalidad y pruebas no paramétricas en Machos

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_28	.125	21	.200*	.969	21	.716
Residuo para DSM_Yema_28	.170	21	.113	.934	21	.164
Residuo para Quimtia_28	.123	21	.200*	.958	21	.484
Residuo para DSM_Pollo_35	.259	21	.001	.899	21	.034
Residuo para DSM_Yema_35	.167	21	.131	.947	21	.293
Residuo para Quimtia_35	.180	21	.075	.950	21	.336

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_42_A	.135	21	.200*	.967	21	.676
Residuo para DSM_Yema_42_A	.198	21	.032	.907	21	.048
Residuo para Quimtia_42_A	.186	21	.055	.933	21	.157
Residuo para DSM_Pollo_42_T	.159	21	.176	.947	21	.302
Residuo para DSM_Yema_42_T	.208	21	.019	.943	21	.253
Residuo para Quimtia_42_T	.167	21	.132	.934	21	.169

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_42_FP0	.331	11	.001	.805	11	.011
Residuo para DSM_Yema_42_FP0	.227	11	.117	.916	11	.288
Residuo para Quimtia_42_FP0	.288	11	.011	.748	11	.002
Residuo para DSM_Pollo_42_FP24	.432	11	.000	.635	11	.000
Residuo para DSM_Yema_42_FP24	.318	11	.003	.668	11	.000
Residuo para Quimtia_42_FP24	.341	11	.001	.829	11	.023

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo E. Resumen de la prueba de hipótesis

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las medianas de Quimtia en Faenado de Pechuga 0H 42 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.	No se puede calcular.
2	La distribución de Quimtia en Faenado de Pechuga 0H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.895	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de Quimtia en Faenado de Pechuga 0H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Jonckheere-Terpstra de alternativas ordenadas para muestras independientes	1.000	Retener la hipótesis nula.
4	Las medianas de DSM en Pollo Faenado de Pechuga 24H 42 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.	No se puede calcular.
5	La distribución de DSM en Pollo Faenado de Pechuga 24H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.966	Retener la hipótesis nula.
6	La distribución de DSM en Pollo Faenado de Pechuga 24H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Jonckheere-Terpstra de alternativas ordenadas para muestras independientes	1.000	Retener la hipótesis nula.
7	Las medianas de DSM en Yema Faenado de Pechuga 24H 42 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.084	Rechazar la hipótesis nula.
8	La distribución de DSM en Yema Faenado de Pechuga 24H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.105	Retener la hipótesis nula.
9	La distribución de DSM en Yema Faenado de Pechuga 24H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Jonckheere-Terpstra de alternativas ordenadas para muestras independientes	1.000	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .10.

Anexo F. Prueba de normalidad en machos

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_49_A	.167	21	.131	.956	21	.432
Residuo para DSM_Yema_49_A	.219	21	.010	.953	21	.381
Residuo para Quimtia_49_A	.162	21	.152	.941	21	.227
Residuo para DSM_Pollo_49_T	.341	21	.000	.726	21	.000
Residuo para DSM_Yema_49_T	.092	21	.200*	.965	21	.628
Residuo para Quimtia_49_T	.123	21	.200*	.958	21	.484

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de sianificación de Lilliefors

Anexo G. Resumen de la prueba de hipótesis enfocada en la pigmentación.

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las medianas de DSM en Pollo Tarso Derecho Vivo 49 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.	No se puede calcular.
2	La distribución de DSM en Pollo Tarso Derecho Vivo 49 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.368	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de DSM en Pollo Tarso Derecho Vivo 49 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Jonckheere-Terpstra de alternativas ordenadas para muestras independientes	.221	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .10.

## Anexo H. Resultados de la prueba de normalidad en machos

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para Quintia_49_FP24	.200	10	.200 <sup>*</sup>	.950	10	.674

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo I. Prueba de normalidad y no paramétricas en hembras

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_28	.183	21	.063	.919	21	.083
Residuo para DSM_Yema_28	.161	21	.165	.948	21	.316
Residuo para Quimtia_28	.155	21	.200 <sup>*</sup>	.941	21	.225
Residuo para DSM_Pollo_35	.229	21	.005	.926	21	.116
Residuo para DSM_Yema_35	.135	21	.200 <sup>*</sup>	.943	21	.251
Residuo para Quimtia_35	.123	21	.200 <sup>*</sup>	.958	21	.484

<sup>a</sup>. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_42_FP0	.400	10	.000	.658	10	.000
Residuo para DSM_Yema_42_FP0	.335	10	.002	.842	10	.047
Residuo para Quimtia_42_FP0	.300	10	.011	.898	10	.211
Residuo para DSM_Pollo_42_FP24	.400	10	.000	.658	10	.000
Residuo para DSM_Yema_42_FP24	.285	10	.021	.840	10	.044
Residuo para Quimtia_42_FP24	.300	10	.011	.898	10	.211

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_42_A	.230	21	.005	.870	21	.009
Residuo para DSM_Yema_42_A	.115	21	.200 <sup>*</sup>	.972	21	.784
Residuo para Quimtia_42_A	.167	21	.131	.963	21	.583
Residuo para DSM_Pollo_42_T	.089	21	.200 <sup>*</sup>	.972	21	.768
Residuo para DSM_Yema_42_T	.187	21	.055	.962	21	.552
Residuo para Quimtia_42_T	.214	21	.013	.814	21	.001

<sup>a</sup>. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo J. Resumen de prueba de hipótesis

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las medianas de DSM en Pollo Apterilo Derecho Vivo 42 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.007	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de DSM en Pollo Apterilo Derecho Vivo 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.108	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de DSM en Pollo Apterilo Derecho Vivo 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Jonckheere-Terpstra de alternativas ordenadas para muestras independientes	.068	Rechazar la hipótesis nula.
4	Las medianas de Quimtia Tarso Derecho Vivo 42 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.817	Retener la hipótesis nula.
5	La distribución de Quimtia Tarso Derecho Vivo 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.825	Retener la hipótesis nula.
6	La distribución de Quimtia Tarso Derecho Vivo 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Jonckheere-Terpstra de alternativas ordenadas para muestras independientes	.591	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .10.

Anexo K. Resumen de prueba de hipótesis enfocado en la pigmentación

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las medianas de DSM en Pollo Faenado de Pechuga 0H 42 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.274	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de DSM en Pollo Faenado de Pechuga 0H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.074	Retener la hipótesis nula.
3	Las medianas de DSM en Pollo Faenado de Pechuga 24H 42 días son las mismas entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de la mediana para muestras independientes	.274	Retener la hipótesis nula.
4	La distribución de DSM en Pollo Faenado de Pechuga 24H 42 días es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.074	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

## Anexo L. Pruebas de normalidad en hembras

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_49_A	.200	21	.029	.960	21	.524
Residuo para DSM_Yema_49_A	.144	21	.200*	.954	21	.411
Residuo para Quimtia_49_A	.175	21	.091	.920	21	.087
Residuo para DSM_Pollo_49_T	.240	21	.003	.803	21	.001
Residuo para DSM_Yema_49_T	.186	21	.056	.933	21	.159
Residuo para Quimtia_49_T	.193	21	.040	.877	21	.013

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para DSM_Pollo_49_FP0	.318	11	.003	.795	11	.008
Residuo para DSM_Yema_49_FP0	.250	11	.053	.917	11	.298
Residuo para Quimtia_49_FP0	.318	11	.003	.874	11	.088
Residuo para DSM_Pollo_49_FP24	.269	11	.025	.870	11	.078
Residuo para DSM_Yema_49_FP24	.157	11	.200*	.930	11	.415
Residuo para Quimtia_49_FP24	.204	11	.200*	.948	11	.617

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

## Anexo M. Evaluación de la pigmentación de la pechuga



## Anexo N. Evaluación de la pigmentación del tarso



## Anexo O. Evaluación de la pigmentación del *apterilo*



## Anexo P. Implementación de un abanico externo para comparar la coloración



## Anexo Q. Evaluación de la pigmentación tarsal durante el día 28 *in vivo*



## Anexo R. Manipulación de los abanicos colorimétricos aplicados en el estudio



## Anexo S. Manipulación eficiente de las aves durante el estudio



## Anexo T. Evaluación de la pigmentación de la pechuga posfaena



## Anexo U. Evaluación de la pigmentación de la pechuga post 24 horas de congelación



## Anexo V. Etiquetado y transporte de las piezas de interés para el estudio



## Anexo W. Resultados Determinación de Xantofilas totales por HPLC

### CERTIFICADO DE ANÁLISIS

001-005/23

<b>Cliente:</b>	Alimentos Alibalgran Cía. Ltda.
<b>Producto(s):</b>	Varios (De acuerdo con tabla)
<b>Fecha de recepción:</b>	15 de diciembre de 2023
<b>Código de producto:</b>	De acuerdo con tabla
<b>Tipo de empaque:</b>	Bolsa plástica negra.

**TIPO DE ANÁLISIS:** Determinación de xantófilas totales por HPLC

Producto	Código	Resultado Xantófilas (g/Kg)	Resultado Xantófilas (mg/Kg o ppm)
Maíz Nacional ECU	001	0,010	10
Fase 1	002	0,005	5
Fase 2 T1	003	0,036	36
Fase 2 T2	004	0,036	36
Fase 2 T3	005	0,036	36
Fase 3 T1	006	0,055	55
Fase 3 T2	007	0,055	55
Fase 3 T3	008	0,055	55
Producto A líquido	009	15,0	15.000
Producto B premix	010	40,5	40.500
Producto C premix	011	40,4	40.400

**Referencia:** Metodología de análisis N° PI-T006-V01: Determinación de xantófilas totales en harina y oleorresinas de Marigold, por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC)

**Fecha de emisión:** 16 de enero de 2024