

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



ADICIÓN DE PIGMENTOS SINTÉTICOS EN LA DIETA DE POLLO DE ENGORDA

POR:

EMILIA MORA VELASCO

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

ADICIÓN DE PIGMENTOS SINTÉTICOS EN LA DIETA DE POLLO DE ENGORDA

POR:

EMILIA MORA VELASCO

TESIS

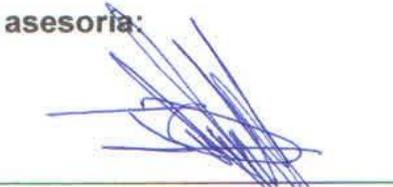
Que somete a consideraciones del jurado examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

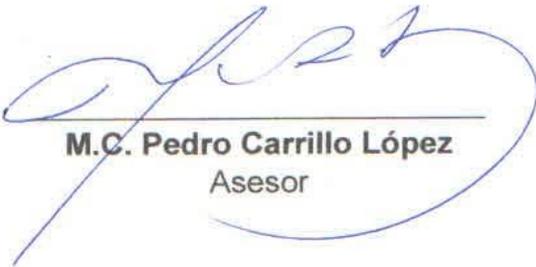
Aprobada por el comité de asesoría:



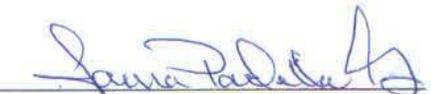
Ing. Ricardo Deyta Monjaras
Director



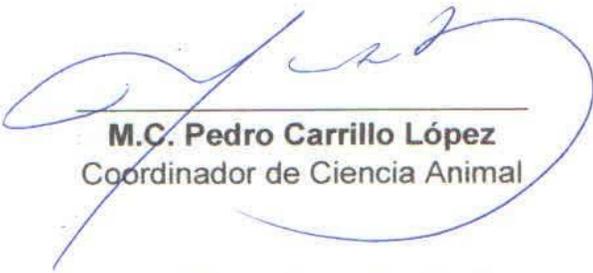
Dr. Julio Cesar Espinoza
Hernández
Codirector



M.C. Pedro Carrillo López
Asesor



Dra. Laura Emilia Padilla
González
Asesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Marzo 2025

DERECHO DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en el plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); por comprar, robar, pedir prestado los datos o las tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citas textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamiento de un autor sin citar; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas, o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Atentamente.
Alma Terra Mater



Emilia Mora Velasco
Autor principal

Agradecimientos

A Dios, por darme vida, salud, por acompañarme, escucharme y guiarme, así como también por darme el coraje y la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mi familia, por creer en mí, y por brindarme su ayuda incondicional durante mi formación académica.

A mi alma terra mater, agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la oportunidad y por haberme acogido este tiempo, también le agradezco haberme proporcionado las bases necesarias de mi formación profesional.

Al Ing. Ricardo Deyta Monjaras, por guiarme en el presente trabajo, así como también por sus consejos y cariño incondicional.

Al Dr. Julio Cesar Espinoza Hernández, por brindarme parte de su tiempo y guiarme de manera eficiente en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Pedro Carrillo López, por su apoyo en esta investigación.

A la Dra. Laura Emilia Padilla, por la enseñanza y por su ayuda en este trabajo.

A mis amigos, por su amistad, por todas las experiencias que compartimos y por estar cuando los necesito.

Dedicatorias

A mi padre, Jesús Mora Vargas, por todo el esfuerzo que realizaste para que yo pudiera concluir este logro, también agradezco los consejos y el amor incondicional, espero que al día de hoy estés orgulloso de mí. Con todo mi cariño y amor.

A mi madre, Isabel Velasco Martínez, le agradezco la persona que hizo de mí, por la confianza y por su amor incondicional, espero que al día de hoy estés orgullosa de mí. Con todo mi cariño y amor.

A mis hermanos, les agradezco el apoyo, amor y confianza depositada en mí.

“Lo que con mucho trabajo se adquiere, más se ama”

Aristóteles

Índice general

I.	Introducción.....	1
1.1.	Objetivos.....	2
1.1.1.	Objetivo general.....	2
1.1.2.	Objetivo específico.....	2
1.2.	Hipótesis.....	2
1.2.1.	Hipótesis alternativa.....	2
1.2.2.	Hipótesis nula.....	2
1.3.	Justificación.....	3
II.	Revisión de literatura.....	4
2.1.	Pollo de engorda.....	4
2.1.2.	Producción de carne de pollo a nivel mundial.....	5
2.1.3.	Producción de pollo de engorda a nivel nacional.....	6
2.1.4.	Características de la carne de pollo.....	6
2.1.5.	Sistema digestivo del pollo.....	7
2.1.6.	Sistema de alimentación.....	11
2.1.7.	Requerimientos nutricionales.....	12
2.1.8.	Pigmentación del pollo de engorda.....	17
2.1.8.1.	Fuentes de pigmentación.....	18
2.1.8.2.	Absorción de pigmento.....	20
2.1.8.3.	Métodos para evaluar la pigmentación.....	21
2.1.8.4.	Niveles de pigmentación.....	24
2.1.8.5.	Factores que afectan la pigmentación del pollo.....	26
III.	Metodología.....	27
3.1.	Localización.....	27
3.1.1.	Características climáticas.....	27
3.2.	Materiales.....	27
3.2.1.	Insumos y materia prima.....	27
3.3.	Proceso experimental.....	29
3.3.1.	Limpieza y desinfección.....	29
3.3.2.	Recepción de los pollos (Primer semana).....	32

3.3.3. Manejo a partir de la segunda semana hasta su finalización.....	33
3.4. Método experimental.....	34
IV. Resultados y discusión.....	35
4.1. Ganancia de peso.....	35
4.2. Índice de conversión alimenticia.....	37
4.3. Nivel de pigmentación.....	39
4.4. Costos.....	40
V. Conclusiones.....	42
VI. Literatura citada.....	43
VII. Anexos.....	48

Índice de cuadros

Cuadro 1.- Composición química de la carne de pollo.	7
Cuadro 2.- Requerimientos nutricionales del pollo de engorda.	13
Cuadro 3.- Aminoácidos requeridos para el pollo de engorda.....	15
Cuadro 4.- Contenido de xantofilas de diferentes ingredientes.	19
Cuadro 5.- Composición de los alimentos utilizados en el experimento.	28
Cuadro 6.- Pigmento comercial utilizado en el experimento.....	28
Cuadro 7.- Materiales de campo.	29
Cuadro 8.- Actividades de limpieza y desinfección.....	30
Cuadro 9.- Peso promedio de los pollos de engorda y alimento consumido.	33
Cuadro 10.- Etapa de alimentación en los pollos de engorda.	34
Cuadro 11.- Ganancia diaria de peso del tratamiento Testigo (T1), T2 y T3.	36
Cuadro 12.- Peso promedio de los pollos de engorda y alimento consumido.	37
Cuadro 13.- Índice de conversión alimenticia en los pollos de engorda.	38
Cuadro 14.- Nivel de pigmentación Testigo (T1), T2 y T3.	40
Cuadro 15.- Costo de los pollos.	40
Cuadro 16.- Costo de los alimentos utilizados en el experimento.	41
Cuadro 17.- Costo de producción Testigo (T1) y T2.....	41
Cuadro 18.- Costo de producción T3.....	41

Índice de figuras

Figura 1.- Pollo de engorda.	4
Figura 2.- Producción mundial de carne de pollo.	5
Figura 3.- Sistema digestivo del pollo.	8
Figura 4.- Absorción de lípidos en aves.	21
Figura 5.- Abanico de Roche.	23
Figura 6.- Fases de saturación y coloración para pigmentar.	24
Figura 7.- Concentración de xantofilas amarillas para 3 niveles de pigmentación. .	25
Figura 8.- Concentración de xantofilas para diferentes niveles de pigmentación. ...	25
Figura 9.- Limpieza y desinfección del área de estudio.	31
Figura 10.- Pesaje y alojamiento de los pollitos en la criadora.	32
Figura 11.- Peso promedio de los pollos de engorda.	36

Resumen

En la actualidad, el pollo de engorda es altamente eficiente para transformar los granos en proteína animal. Debido a la competencia por mercado, los productores, comenzaron a agregar pigmento en el alimento, de esta forma, el consumidor final asocia la salud de las aves y la frescura del producto. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue comparar el nivel de pigmentación de dos tratamientos en la dieta del pollo de engorda. El trabajo fue desarrollado en el área Avícola del Departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila. El experimento inicio el 29 de febrero del 2024, con una duración de cinco semanas, para lo cual se utilizaron 150 pollos de engorda de la línea Ross-308 de un día de nacidos y sexados (machos), con un peso promedio de 44 g. El alimento y agua fue suministrado *ad libitum*. Semanalmente fueron pesados de forma individual todos los pollos y se evaluó el nivel de pigmentación utilizando el abanico de Roche. Los tratamientos fueron: Testigo (T1): Sin pigmento, T2: Alimento pigmentado y T3: Pigmento líquido. Los resultados obtenidos fueron: ganancia de peso T1: 1912 g, T2: 1611 g y T3: 2122 g, no se presentó diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$) en las semanas dos, tres y cuatro, no así para la semana cinco ($P < 0.05$). El índice de conversión tuvo un comportamiento cuadrático ($P < 0.05$), S1 (1.19), S2 (2.37), S3 (1.98), S4 (1.90) y S5 (1.38). El nivel de pigmentación presento diferencia entre los tratamientos ($P < 0.05$), el T1 se mantuvo (nivel 1), mientras que para el T2 y T3 aumento a partir de la tercera semana, siendo el T3 el que presento mayor pigmentación (nivel 3), utilizando 0.006 ml de pigmento (xantofilas) por kg de alimento. Los datos obtenidos en este experimento coinciden con los obtenidos por varios autores, quienes han demostrado que la adición de pigmentos en la dieta no ejerce ningún efecto sobre el comportamiento productivo.

Palabras claves: Pollo de engorda, pigmento, xantofilas.

Abstract

Nowadays, broiler chickens are highly efficient at transforming grains into animal protein. Due to market competition, producers began to add pigment to the feed, in this way, the final consumer associates the health of the birds and the freshness of the product. Therefore, the objective of this work was to compare the pigmentation level of three treatments in the broiler chicken diet. The work was developed in the Poultry area of the Animal Production Department of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, located in Buenavista, Saltillo, Coahuila. The experiment began on February 29, 2024, with a duration of five weeks, for which 150 one-day-old and sexed Ross-308 broiler chickens (males) were used, with an average weight of 44 g. Feed and water were supplied *ad libitum*. All chickens were individually weighed weekly and the pigmentation level was evaluated using the Roche fan. The treatments were: T1: No pigment, T2: Pigmented food and T3: Liquid pigment. The results obtained were: weight gain T1: 1912 g, T2: 1611 g and T3: 2122 g, there was no difference between treatments ($P > 0.05$) in weeks two, three and four, but not for week five ($P < 0.05$). The conversion index had a quadratic behavior ($P < 0.05$), S1 (1.19), S2 (2.37), S3 (1.98), S4 (1.90) and S5 (1.38). The pigmentation level showed a difference between treatments ($P < 0.05$), T1 remained the same (level 1), while for T2 and T3 it increased from the third week, with T3 presenting the highest pigmentation (level 3), using 0.006 ml of pigment (xanthophylls) per kg of feed. The data obtained in this experiment coincide with those obtained by several authors, who have shown that the addition of Pigments in the diet have no effect on productive performance.

Keywords: Broiler chicken, pigment, xanthophylls.

I. Introducción

La avicultura se basa en cuatro grandes cimientos: 1) la genética, 2) la nutrición, 3) la medicina preventiva y 4) el manejo del ave; de esto depende una producción rentable. En la actualidad, el pollo de engorda es un ave altamente eficiente para transformar los granos en proteína animal. Anteriormente, un ejemplar salía al mercado en 11 semanas, con un peso de 1.800 kg; hoy en 7 semanas, con un peso promedio de 3 kg. Acortar los ciclos productivos permitió ahorrar alimento y por eso, al ser más económica que la de res y cerdo, la carne de pollo es la fuente de proteína más consumida en México (Castañeda, 2018).

Debido a la competencia por mercado, los productores de pollo, comenzaron a agregar pigmento en el alimento de las aves, de esta forma, el consumidor final asocia la salud de las aves y la frescura del producto. Esto ha sido una consecuencia de la demanda del público y no de requerimientos nutritivos (Martínez, 2022).

A pesar de la gran cantidad de carotenoides descubiertos e identificados, solamente existen tres carotenoides amarillos con importancia económica que se agregan a los alimentos de las aves: Etil-éster del ácido apocarotenóico, Luteína, y Zeaxantina. (Ávila, 1990).

En base a lo anterior y considerando que parte de los consumidores cada vez exigen un pollo más grande y mejor pigmentado, se realiza esta investigación la cual está encaminada a probar que con la adición de pigmentos en el alimento se consigue una coloración amarilla deseable en la piel y tarsos del pollo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Comparar el grado de pigmentación en la carne de pollo con dos tratamientos en la dieta.

1.1.2. Objetivo específico

- Determinar el nivel de pigmentación en la carne del pollo de engorda con un tratamiento de pigmento líquido.
- Determinar el nivel de pigmentación en la carne del pollo de engorda con un tratamiento de alimento comercial ya pigmentado.
- Observar y evaluar el comportamiento productivo del pollo de engorda.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis alternativa

- El nivel de pigmentación en pollo de engorda será diferente en cada tratamiento.

1.2.2. Hipótesis nula

- El nivel de pigmentación no presentara diferencia en cada uno de los tratamientos.

1.3. Justificación

Tradicionalmente, cuando la producción de carne se limitaba al pollo de traspatio, tenía acceso a multitud de insectos y plantas silvestres que le proporcionaban carotenoides, los cuales brindaban una pigmentación amarillo-anaranjada muy característica lo que favorecía en la apariencia física para el consumo humano.

Sin embargo, la producción avícola moderna ha modificado el manejo y mejorado los parámetros productivos, alojando las aves en casetas tecnificadas, causando que las aves producidas bajo estas condiciones tengan acceso limitado a ingredientes ricos en carotenoides para tener un color amarillo de forma natural. Lo que justifica una adición de pigmento natural o sintético en el alimento para conseguir la coloración deseada.

La pigmentación de la piel del pollo es un factor crítico al momento de evaluar la aceptación del producto por parte del consumidor, debido a que en muchas de las ocasiones el color se relaciona con salud, calidad y frescura, lo que favorece la elección del producto.

II. Revisión de literatura

2.1. Pollo de engorda

El pollo de engorda tiene el potencial genético de aumentar de peso significativamente en un periodo de tiempo muy corto (MAPAMA, 2016).

En México de las 10 empresas líderes en producción de pollo de engorda, ocho de ellas utilizan estirpes Ross y Cobb, siendo las líneas genéticas de mayor comercialización en el país (Ruiz, 2018).

El Ross 308 es un pollo de engorde robusto, de crecimiento rápido y de fácil alimentación con buen rendimiento de carne (figura 1). Está diseñado para satisfacer las exigencias de los clientes que necesitan consistencia de rendimiento y versatilidad para cumplir una amplia gama de requerimientos del producto final (Vargas, 2009).



Figura 1.- Pollo de engorda (Aviagen, 2018).

2.1.2. Producción de carne de pollo a nivel mundial

La carne de ave, principalmente la de pollo, es significativa fuente de proteína de elevado valor nutricional para los habitantes del globo terráqueo, además, es una proteína de disponibilidad constante en la cadena de comercialización (Pesado, 2024). Durante 2023, la producción mundial de carne de pollo se ubicó en un máximo histórico de 103.5 mdt (millones de toneladas), de acuerdo con información del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Lo anterior significó un crecimiento anual de 1.6 % (por ciento), (Figura 2).

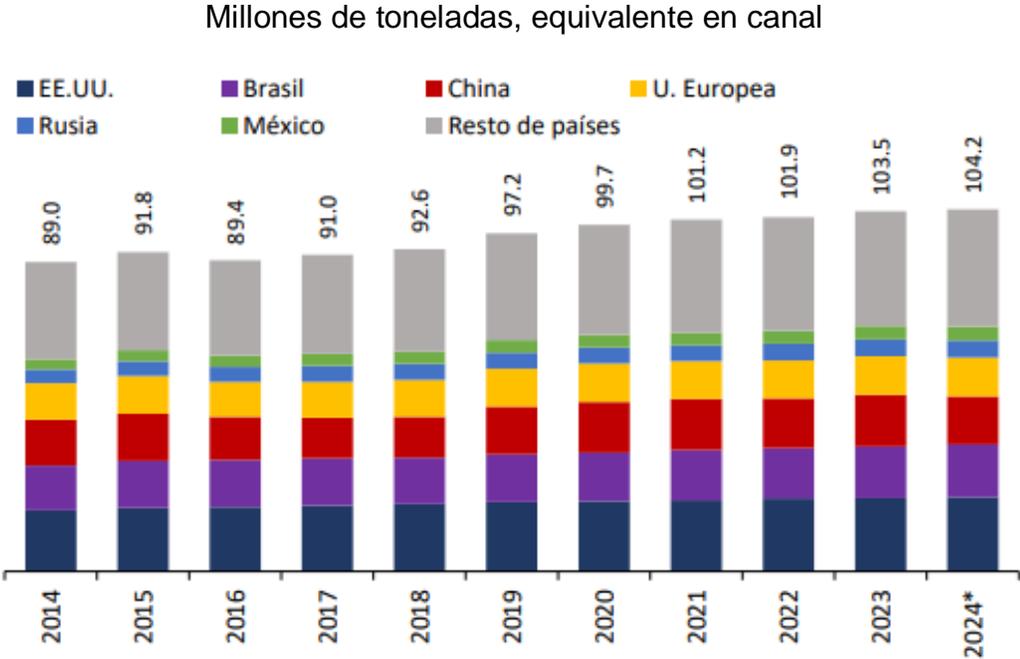


Figura 2.- Producción mundial de carne de pollo (USDA, 2024).

Para 2024, el USDA pronostica un incremento de 0.6 % en la producción mundial, para alcanzar un nuevo récord de 104.1 mdt. Los aumentos de producción de Estados Unidos y Brasil, principalmente, compensarán la reducción en la oferta de China (USDA, 2024).

2.1.3. Producción de pollo de engorda a nivel nacional

La industria avícola es la actividad pecuaria más dinámica y uno de los sectores estratégicos para la alimentación en México; representa un 63 % de la producción pecuaria donde 6 de cada 10 personas, incluyen en su dieta alimentos avícolas como pollo o huevo. Los modelos económicos de la avicultura mexicana promovieron al menos el 74 % de la oferta total de proteína animal en 2024 (USDA, 2024).

México es el sexto productor de pollo de engorda en el mundo. La producción de pollo de engorda en 2020 fue de 3'500.000 toneladas de carne, lo que significó un crecimiento de 1.5 % respecto a 2019.

La producción está centrada en cinco estados. Según cifras de 2023, el estado que más produjo pollo de engorda fue Veracruz con el 13.3 % del total nacional, con 54,082,536 cabezas; el segundo estado fue Aguascalientes con el 11.4 % del total nacional, con 46,404,283 cabezas, en tercer lugar, Querétaro con el 10.5 %, aportando 42,708,714 cabezas, el cuarto fue la Región lagunera con el 8.7 %, generando 35,316,389 cabezas y en quinto lugar Jalisco, el cual aportó el 7 % y generó 28,650,276 cabezas (SIAP, 2023).

2.1.4. Características de la carne de pollo

La jugosidad, ternura, sabor, color y consistencia son las principales características que determinan la aceptación o el rechazo de la carne de pollo por parte del consumidor, pero en el caso particular de México el color es una de las características más importantes (Castiblanco, 2019).

El amarillo o amarillo naranja, son los colores más apetecidos ya que se asocia con un pollo más saludable, de mejor sabor. Esto ha traído como consecuencia un aumento en la inclusión de pigmentos en la dieta de pollos de engorda (Castiblanco, 2019).

En relación a la composición química, la carne se compone de agua, proteínas, aminoácidos, grasas, ácidos grasos, vitaminas y minerales, otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de hidratos de carbono (Cuadro 1).

La composición química de la carne varía según distintos factores, tales como: especie, raza, alimentación, edad, sexo y zona anatómica (Hernández y Sastre 1999).

Cuadro 1.- Composición química de la carne de pollo (INTA, 1997).

Composición química de la carne de pollo (100 gramos)	
Calorías (kcal)	176
Humedad (g)	67
Proteínas (g)	27.3
Grasa (g)	6.7
GS (g)	1.8
GMI (g)	2.4
GPI (g)	1.5
Colesterol (mg)	83

GS: Grasa saturada; GMI: Grasa Monoinsaturada; PI: Grasa Polinsaturada

2.1.5. Sistema digestivo del pollo

El sistema digestivo de las aves es el conjunto de secciones (cavidad oral, esófago, buche, proventrículo, molleja, intestino delgado, ciegos, intestino grueso y termina en la cloaca) y glándulas anexas (páncreas e hígado), (Figura 3), que tiene la función de prensar, deglutir y digerir los alimentos transformándolos en nutrientes asimilables para que éstos sean transportados por la sangre a los tejidos del cuerpo (Vaca, 2003). En el pollo, el proceso digestivo tiene una duración promedio de ocho a diez horas depende de la edad del ave, presentación del alimento, las condiciones ambientales al que es sometido, y el libre acceso al agua (Vaca, 1968).

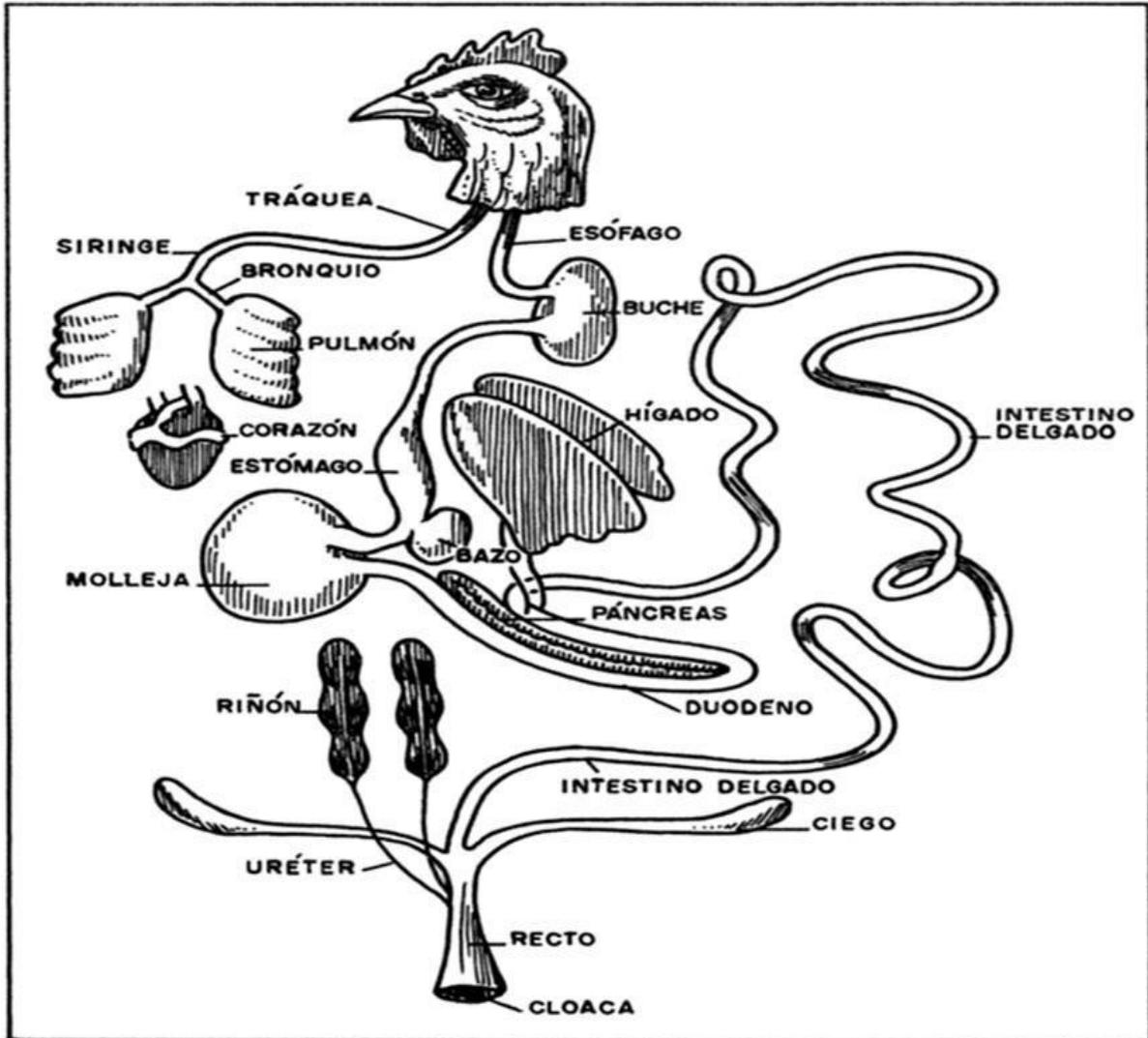


Figura 3.- Sistema digestivo del pollo (Vaca, 1968).

Pico

El pico está diseñado para coger la comida. La lengua tiene una sección en la parte anterior en forma triangular, la cual tiene como función forzar el alimento hacia el esófago y a la vez ayuda a pasar el agua que la digiere en la cavidad bucal cubierta con criterio estratificado. Se encuentran presentes glándulas salivales y son generalmente tubulares. La secreción de saliva es muy pequeña, 7 a 30 ml. La saliva contiene enzimas muy esenciales que actúan sobre los carbohidratos (CHOs) la amilasa o ptialina (Sturkie, 1981; Mack, 1986; Cuca *et al.*, 1996).

Buche

El buche es una dilatación del esófago, se encuentra afuera de la cavidad torácica, actúa como órgano de almacenamiento temporal del alimento en donde es ablandado por el efecto de maceración y acción de la ptialina proveniente de la saliva (Vaca, 2003).

El bolo alimenticio permanece en el buche por algún tiempo, dependiendo del tamaño de las partículas, la cantidad consumida y la cantidad del material presente en la molleja (Mack, 1986).

Esófago

Es un conducto tubular elástico, además; tiene músculos longitudinales en la parte externa y circulares en la parte interna, está compuesto por un epitelio escamoso estratificado con glándulas mucosas, recibe inervación vagal y su función es lubricar los alimentos (Rodríguez *et al.*, 2016).

Estómago

El proventrículo es el estómago glandular y es un órgano fusiforme. Está cubierto por una membrana mucosa, la cual contiene glándulas gástricas. Estas glándulas contienen una sola clase de células que secretan el ácido clorhídrico y pepsina, las cuales actúan sobre la proteína y los polipéptidos. Las células principales contienen cantidades variables de gránulos pepsinogeno, dependiendo del estado de digestión.

Estos gránulos aumentan durante el ayuno y decrecen inmediatamente después de comer. El pH ácido ayuda a la utilización de los minerales. La acción del jugo gástrico continúa después que el alimento ha pasado a la molleja donde es molido y mezclado completamente con esta secreción (Cuca *et al.*, 1996).

En la mayoría de las aves, la molleja está compuesta de dos pares de músculos opuestos, llamados músculos delgados y músculos gruesos, que están formados de un músculo liso circular proveniente de una aponeurosis central. Estos músculos actúan como órgano de masticación y con sus repetidas contracciones, ejercen presión sobre los alimentos, quebrándolos en pequeñas partículas mezclándolos con los jugos del estómago. Aquí es donde las partículas grandes del alimento pasan por una trituración mecánica, generalmente en presencia de grava, granito u otro abrasivo que facilita este proceso. El alimento contenido en la molleja tiene cerca de un 50% de agua (Mack, 1986).

Intestino delgado

El intestino delgado empieza en la molleja y termina justo al inicio de los ciegos, es la parte más extensa del tracto digestivo y su función es la absorción de nutrientes de los alimentos digeridos y, además, es la porción más relevante en cuanto a la digestión de los componentes de la dieta (McLenlland, 1989).

La digestión del alimento ocurre en el lumen intestinal, por enzimas pancreáticas e intestinales como por la bilis secretada por el hígado (Turk, 1982).

Se divide en tres secciones, denominadas duodeno, yeyuno e íleon, a pesar de la dificultad para delimitarlas (Boleli *et al.*, 2002; Jacob *et al.*, 2011; Claver, 2014; Zanuzzi y Barbeito, 2014).

La capacidad de pigmentación está relacionada con el grado de asimilación a nivel del intestino delgado y por la afinidad específica de cada carotenoide para depositarse en un tejido determinado (Schiedt *et al.*, 1985).

Tyczkowski y Hamilton (1986) reportaron que mientras la zeaxantina es mayormente absorbida en el íleon, la absorción de luteína tiene lugar en el duodeno y yeyuno.

Intestino grueso

El intestino grueso de las aves comprende los ciegos, el colon y la cloaca. Es histológicamente similar al intestino delgado, excepto que las vellosidades son más cortas, algunos procesos de digestión pueden continuar en él, aunque esto es simplemente la continuación del proceso inicial en el intestino delgado (Mack,1986).

En la unión del intestino delgado y grueso se encuentran dos sacos llamados ciegos cuya función principal es la fermentación microbiana de la fibra contenida en el alimento, aun cuando se le atribuye otras funciones (Cuca *et al.*, 1996).

Carrasco, (2007), indica que la cloaca es el receptáculo común al sistema genital, digestivo y urinario. El intestino grueso se vacía dentro del coprodeo y el tracto genital y urinario termina en el urodeo. El colon y la cloaca están involucrados principalmente en la excreción y el balance del agua y minerales.

2.1.6. Sistema de alimentación

Cuca, (1982), citado por Marín *et al.*, (1998) manifiestan que los pollos de engorda deben recibir alimentación balanceada desde el inicio hasta la finalización. Esta dieta debe contener todos los nutrimentos en cantidad, calidad y proporciones adecuadas. Las necesidades nutritivas y los sistemas de alimentación han ido de la mano de la evolución genética que ha sufrido el pollo de engorda a través del tiempo, modificando significativamente todos los esquemas para su producción, así tenemos que hoy en día existen explotaciones que proporcionan hasta 5 diferentes alimentos, incluyendo los pre-iniciadores, el concepto de proteína ideal y la dieta de retiro, sin embargo, los cambios y tipos de alimento deben estar relacionados obviamente con el desarrollo corporal, así como la disponibilidad y calidad de materia prima, tecnificación de las granjas, tipo de mercado, medio ambiente, sexo y línea genética, para lograr la productividad competente, incluyendo los programas de restricción de alimento para mejorar conversión y el control de algunas alteraciones metabólicas (Puga, 2011).

El alimento representa cerca del 70% de los costos de producción, por lo que los nutricionistas tienen una responsabilidad en los objetivos finales, su papel inicia desde el control de calidad de insumos para la formulación, hasta la transformación de alimento en carne de primera calidad (Cuellar, 2022).

La alimentación de los pollos de engorda se realiza en diferentes etapas para maximizar su crecimiento y producción (Jaramillo, 2022).

La primera etapa de alimentación es la **pre-inicial**, que dura aproximadamente de 0 a 10 días de edad. Durante esta etapa, los pollos reciben una dieta de iniciación que ayuda a estimular su crecimiento y desarrollo temprano.

La segunda etapa es la **inicial**, dura aproximadamente de 11 a 22 días de edad. Aquí se garantiza el crecimiento óptimo de los pollitos con un nivel de aminoácidos requerido para esta edad.

La tercera etapa es la de **engorda**, que va aproximadamente desde 23 a 35 días de edad. Durante esta etapa, garantizamos ganancias de peso óptimas basado en un alimento rico en energía.

La cuarta y última etapa es la **finalizadora**, va del día 36 hasta su salida al mercado.

2.1.7. Requerimientos nutricionales

La nutrición es el proceso fisiológico, que el organismo realiza para capturar los nutrientes que requiere, para poder mantenerse con vida (NRC, 1995). Los pollos de engorda crecen muy rápido y sus necesidades nutritivas son elevadas en su primera fase de desarrollo. Es importante que los pollos inicien bien su crecimiento lo que exige una ración rica en energía desde el primer día hasta las 6 u 8 semanas de edad. (North, 1993). Entre los nutrientes esenciales se mencionan: proteínas, carbohidratos, energía, minerales, vitaminas y agua (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Requerimientos nutricionales del pollo de engorda (Martínez y Valdivie, 2021).

Requerimientos		Inicio (0 a 14 d)	Crecimiento (15 a 23 d)	Finalización (24 a 36 d)	Acabado (>37 d)
Peso vivo inicial	g	42.00	480	1.08	2.23
Peso final	g	480.0	1.08	2.239	2.997
EMAn	Kcal/kg	2,95	3.05	3.1	3.12
Fibra bruta, mín, máx	%	2.85 - 3,87	3,0 -,1	3,05 - 4,3	3,05 - 4,4
Ac. Linoleico, mín, max	%	0,85 - Libre	0,6 - Libre	0,6 - 2,6	0,5 - 2,3
Proteína bruta mín	%	21,2	20,0	18,5	17,5
Aminoácidos digestibles	%				
Lisina dig.	%	1,22	1,10	1,00	0,92
Metionina dig.	%	0,49	0,45	0,41	0,38
Metionina + Cisteína dig.	%	0,90	0,84	0,76	0,70
Treonina dig.	%	0,79	0,73	0,66	0,61
Triptófano dig.	%	0,21	0,20	0,18	0,17
Isoleucina dig.	%	0,82	0,75	0,68	0,63
Valina dig.	%	0,96	0,87	0,79	0,73
Arginina dig.	%	1,28	1,17	1,06	0,98
Gly equiv. dig.	%	1,54	1,30	1,18	1,09
Aminoácidos totales	%				
Lisina total	%	1,38	1.25	1,3	1,04
Metionina total	%	0,55	0,51	0,46	0,43
Metionina + Cisteína total	%	1,02	0,95	0,86	0,79
Treonina total	%	0,90	0,85	0,75	0,69
Triptófano total	%	0,23	0,23	0,20	0,19
Isoleucina total	%	0,92	0,99	0,77	0,71
Valina total	%	1,08	0,99	0,89	0,82
Arginina total	%	1,74	1,48	1,34	1,10
Calcio mín, máx	%	0,98 -1,05	0,90 - 0,95	0,75 - 0,85	0,70 - 0,80
Fosforo total	%	0,66	0,58	0,56	0,52
Fosforo disponible	%	>0,48	0,40	0,38	0,32
Cloro mín, máx	%	0,17 - 0,27	0,17 - 0,28	0,16-0,32	0,15 - 0,32
Sodio mín, máx	%	0,19 - 0,23	0,17 - 0,23	0,16 - 0,19	0,15 - 0,18
Potasio mín, máx	%	0,51 - 1,15	0,50 - 11,10	0,46 -1,05	0,40 - 1,00

Agua

El agua permite que el ave desarrolle sus funciones normales. Ablanda el alimento para la digestión, es importante para la absorción de los nutrientes, ayuda a la eliminación de productos de desecho, sirve para el control de la temperatura corporal, es el medio para que las funciones químicas del cuerpo se realicen y actúa como lubricante de articulaciones musculares y tejidos del organismo.

Constituye aproximadamente el 50 % del peso de un ave adulta y el 78 % del peso de un pollo recién nacido (Ávila *et al.*, 1990).

De acuerdo con Instituto Nacional Avícola (INA) el consumo promedio de agua por edad del pollo de engorda oscila 7-14 días con un consumo 70 ml/min, 14-21 días con un consumo 80 ml/min, 21-28 días con un consumo 90 ml/min y 28 días en adelante con un consumo 100 ml/min.

Proteína

Las proteínas están formadas por muchas moléculas de aminoácidos, unidos por una unión peptídica; La secuencia de aminoácidos y la manera como están conectados uno a otro determina las propiedades físicas y químicas de cada proteína y, por tanto, su función biológica (Sklan y Plavnik, 2002; Priyankarage *et al.*, 2008).

Son el material de construcción de los músculos y los tejidos del cuerpo. Las fuentes de proteínas vegetales son torta de soya, torta de algodón, harinolina, torta de cacahuate, y cártamo. Las principales fuentes de proteína de origen animal son harina de carne, harina de sangre, harina de pluma y residuos de rastro. Las proteínas de origen animal están mejor balanceadas y estructuradas que las de origen vegetal (Castellanos, 2014).

Aminoácidos

Los requerimientos de proteína bruta en la dieta son inapropiados ya que el requisito se basa en el contenido de aminoácidos de la proteína. Se ha mencionado que el factor más importante que afecta la eficiencia de utilización de la proteína para la producción de carne y de huevos es el balance de aminoácidos en la dieta (NRC, 1994).

El requerimiento de cada uno de los aminoácidos es la suma de los aminoácidos exigidos para mantenimiento, crecimiento (proteína corporal, músculos, renovación de uñas, tejidos y piel) y funciones enzimáticas, proteínas del sistema inmunitario, (Cuadro 3); teniendo en cuenta que una fracción de los aminoácidos absorbidos es desviada por los procesos de degradación enzimática (Lon-wo y Dieppa, 2005.;Gomide *et al.* 2007).

Cuadro 3.- Aminoácidos requeridos para el pollo de engorda (Sanchez y Vargas, 2014).

Aminoácidos	Función
Lisina	Fundamental para el crecimiento y regeneración muscular.
Metionina	Participa en el desarrollo del tracto digestivo.
Triptófano	Está presente en la síntesis de proteína y de serotonina.
Treonina	Parte de las proteínas que forman parte del esmalte dental, el colágeno y en el sistema nervioso.
Arginina	Mejora los parámetros productivos, como ganancia de peso e índice de conversión alimenticia.
Valina	Forma parte de las estructuras de muchas proteínas.
Isoleucina	Cadena ramificada, sumamente común en las proteínas celulares.
Leucina	Es abundante en la hemoglobina y participa en la síntesis de la proteína.
Histidina	Juega un papel fundamental a la hora de producir glóbulos rojos y blancos en la sangre.
Fenilalanina	Su función principal es la fijación de carne en la pechuga.

Energía

Para realizar sus funciones vitales, el animal necesita energía, la cual proviene de carbohidratos y grasas del alimento. Además, el ave transforma tal energía en calor corporal, trabajo y huevo. Las raciones con bajo contenido de energía pueden producir animales débiles y de crecimiento retardado. La cantidad de energía que proporciona la ración debe guardar cierto equilibrio con la cantidad de proteína. La relación entre proteínas y energía se llama balance de la ración. La energía se mide en kilocalorías por kilogramo de alimento (Castellanos, 2014).

Carbohidratos

Los carbohidratos son compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno; las características de estos compuestos es que el hidrógeno y el oxígeno están siempre en la misma proporción que en el agua, es decir, dos átomos de hidrógeno por cada átomo de oxígeno. Están formados por azúcares, almidones y fibra bruta (Castellanos, 2014).

Los carbohidratos y lípidos son necesarios en el organismo, como fuente primaria de energía. Esta energía se utiliza en funciones vitales como: conservar la temperatura corporal y las funciones esenciales como el movimiento; utilizar las reacciones químicas en la síntesis del tejido corporal, utilizar compuestos como hormonas, enzimas, proteínas sanguíneas y anticuerpos, entre otros (López y Fehervar, 1997).

Minerales

Estos forman parte de los requerimientos del ave, o se necesitan en cantidades pequeñas. Tienen interacción con otros nutrientes y el exceso puede ser tóxico. Se puede suministrar en forma orgánica e inorgánica, entre los más importantes tenemos: Calcio, Fósforo, Potasio, Yodo, Cloro, Selenio, Zinc, Sal, Sodio; Manganeso,

Magnesio, Hierro y otros (La Sultana S.A. de C.V. 2001, Manual de Manejo Arbor Acres 2001, North 1993).

Vitaminas

Se han realizado diversos estudios acerca de los diferentes grupos de nutrientes, carbohidratos, proteínas, grasa, minerales y vitaminas; los cuales muestran una estrecha relación entre nutrición e inmunidad. Asimismo, se ha encontrado que signos de deficiencia y parámetros no específicos (producción baja, variación en tasas de reproducción, etc.) son asociados con deficiencias de vitaminas. Es así que, la vitamina ya no debe ser considerado importante sólo para prevenir la deficiencia de signos sino también para optimizar la salud animal, la productividad y la calidad del producto (Mc Dowell y Ward, 2008).

Por su solubilidad las vitaminas son agrupadas en vitaminas hidrosolubles (complejo B y vitamina C) y liposolubles (vitaminas A, D, E, y K.). Las vitaminas liposolubles tienen como característica ser solubles en grasas y aceites; no son producidas en el organismo por lo que se llegan a formar depósitos en el hígado, que garantizan los requerimientos mínimos orgánicos por varias semanas o meses. Las vitaminas hidrosolubles si pueden ser producidas por las aves gracias a la flora intestinal de los sacos ciegos; sin embargo, dada la tasa de crecimiento o productividad de algunas líneas, a menudo estos aportes no son suficientes para cubrir por completo los requerimientos diarios (Sumano y Gutiérrez, 2010).

2.1.8. Pigmentación del pollo de engorda

Tanto el color de la yema del huevo, como el de la grasa subcutánea, el cual refleja el tono de la piel en el pollo de engorda está dado por un grupo de pigmentos amarillos y rojos ampliamente distribuidos en la naturaleza y pertenecientes al grupo de los carotenoides (Montilla y Angulo, 1984; Sunde, 1992; William, 1992).

Los pigmentos son compuestos químicos que absorben luz en el intervalo de longitud de onda de la región visible. La producción del color se debe a la estructura específica del compuesto (cromóforo), esta estructura capta la energía y la excitación que es producida por un electrón de una órbita exterior a una órbita mayor, la energía no absorbida es reflejada y/o refractada para ser capturada por el ojo, y los impulsos neuronales generados serán transmitidos al cerebro, donde pueden ser interpretados como color (Martínez, 2010).

En algunos países, destacando México, China, Filipinas, Perú, ciertas regiones de España, etc., la coloración de la piel del pollo de engorda representa un factor importante en la elección del ave que se adquiere, ya que el consumidor relaciona directamente las tonalidades amarillas y/o doradas con la buena calidad, frescura y salud del pollo (Pantoja y González 2020).

Debido a las exigencias del consumidor, los pigmentos en los alimentos de las aves son necesarios para mejorar la apariencia, aunque no mejore el valor nutritivo del producto. Al incluir pigmentos se obtienen mejores precios por los productos avícolas (Cuca *et al.*, 1963).

2.1.8.1. Fuentes de pigmentación

Dado a que muchos de los ingredientes naturales ricos en carotenoides son bajos en energía, es difícil lograr niveles altos en pigmentación en aves de engorda sin emplear fuentes sintéticas, dentro de los más utilizados son las pre mezclas de cantaxantina, carotenoides de color rojo y apocarotenos, carotenoides de color amarillo. En la última década se han sintetizado una serie de ellos, donde se destacan: Cantaxantina, β - apo-8'-carotenal (Bace), Éster etílico del ácido β - apo-8'-carotenoico, (Bace), Zeaxantina, Carophyll, Lutenal (Cuevas, 2003).

En las dietas que se formulan para pollos de engorda se incluyen fuentes naturales de pigmentos como el maíz o gluten de maíz amarillo, harina de alfalfa, extractos de

xantofilas de flor de cempasúchil y de chiles (Cuadro 4); estos alimentos contienen carotenoides llamados luteína y zeaxantina, junto con otros carotenoides cuyas moléculas contienen varios átomos de oxígeno, se conocen con el nombre colectivo de xantofilas (Carranco, 2003).

Cuadro 4.- Contenido de xantofilas de diferentes ingredientes (Cuca et al., 2009).

Ingrediente	Xantofilas (mg/kg de base seca)
Alfalfa deshidratada (20% de proteína cruda)	400-450
Maíz Amarillo	20-25
Flor de cempasúchil	6000-10000
Gluten de maíz Amarillo	180-250
Etil ester del ácido apo-8 carotenoico	100
Cantaxantina	100
Extracto saponificado de flor de cempasúchil	12000-40000
Extracto saponificado de chiles	2500-8000

Las xantofilas se encuentran ligadas a los ácidos grasos, las cuales a través del proceso de saponificación (convertir las grasas en jabón), se hacen biodisponibles y se absorben en el tracto digestivo pasando al torrente sanguíneo, metabolizado en hígado y finalmente depositándose en la epidermis del pollo. La saponificación permite una estandarización de la concentración y así, una mayor efectividad del pigmento a nivel intestinal (Carranco, 2003).

Con el uso combinado de xantofilas amarillas y rojas se consigue una gran variedad de tonalidades anaranjadas, lo que permite adecuar las características de pigmentación de pollos (Mascarrel, 2011).

A pesar de la gran cantidad de carotenoides descubiertos e identificados, en la actualidad, solamente existen tres carotenoides amarillos con importancia económica que se agregan a los alimentos de las aves:

1. Etil-ester del ácido apocarotenóico, conocido genéricamente como apoester, es una molécula de origen sintético, de color amarillo-naranja.
2. Luteína, es una molécula de color amarillo presente en varios vegetales como la alfalfa, los granos de maíz, la flor de cempasúchil, etc.
3. Zeaxantina, es una molécula de color naranja, presente en varios vegetales como la alfalfa, los granos de maíz, la flor de cempasúchil, etc.

En el caso de la luteína y la zeaxantina, la forma de producción comercial, consiste en sembrar y cosechar la flor de cempasúchil, la cual se somete a deshidratación, después a una extracción de las moléculas pigmentantes por medio de solventes orgánicos como el éter, y finalmente a una hidrólisis alcalina (Fernández, 2015).

El producto terminado contiene alrededor de un 80 a 90 % de luteína, 5 % de zeaxantina y de 5 – 15 % de otros carotenoides como; violaxantina, criptoxantina y β -caroteno, los cuales carecen de valor pigmentante para el pollo de engorda (Ávila, 1990).

2.1.8.2. Absorción de pigmento

Los carotenoides, al ser sustancias liposolubles, siguen la ruta de la digestión lipídica, (Figura 4). De manera general una vez que se han liberado de la matriz del alimento, los carotenoides son hidrolizados en el intestino delgado y se absorben (en forma libre) vía difusión pasiva a través de las membranas del intestino, que tiene la característica de ser insaturable y tiene un gradiente de concentración positivo (Breithaupt et al., 2003; Tyczkowski y Hamilton 1986; Fernández 2000).

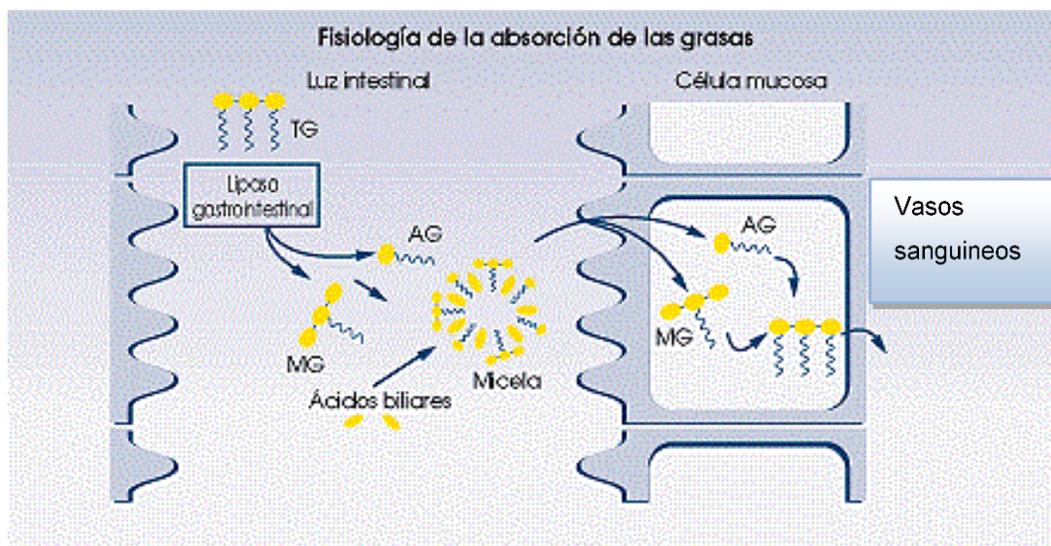


Figura 4.- Absorción de lípidos en aves.

Después de ser absorbidos, son depositados en el hígado, se transportan por la sangre, y posteriormente se almacenan en el tejido adiposo, piel y tarsos (Fernández 2000; Sturkey 1968).

Para lograr una pigmentación cutánea aceptable destinada al mercado mexicano, es común añadir pigmento a las dietas durante las últimas 4 semanas del ciclo de producción. En el proceso de pigmentación los diversos tejidos responden de manera distinta, en la grasa el metabolismo es rápido por lo que un cambio de color se observa a corto plazo, en la epidermis existe un fenómeno de descamación por lo que el cambio de color es menos rápido que el de la grasa (Cuca *et al.*, 2009).

2.1.8.3. Métodos para evaluar la pigmentación

El término pigmentación es considerado una herramienta para describir el color del producto final y existen varios métodos para evaluarlo (Raghavan, 2001).

Los métodos indirectos se basan en la concentración y perfil de las xantofilas contenidas en la muestra analizada. Estos métodos se consideran indirectos por que pueden "correlacionarse" con el valor del color predicho y observado, pero dicha

correlación nunca dejará de ser sólo una estimación, y muchas veces muy distante del color esperado. Las muestras que se pueden analizar son: alimento, suero, piel de la pechuga, piel de tarsos y yema de huevo.

Los métodos directos consisten en la evaluación directa del color de la piel del pollo o la yema del huevo, mediante la descomposición del haz de luz (reflectancia) o la comparación contra un color conocido (abanico de ROCHE), los métodos que se utilizan son:

Prueba Rank para canales de pollo:

Se trata de una evaluación en la cual se comparan entre sí canales de pollo. Estas son valoradas de mayor a menor pigmentación. La gran desventaja de este método es que la valoración sólo sirve para cada muestra y no se pueden usar los datos obtenidos para otra evaluación ya que no se cuenta con algún estándar.

Abanicos y escalas colorimétricas:

Estos apoyos visuales han sido desarrollados por algunas de las empresas que trabajan en la industria avícola. Como ya se mencionó, se trata de estándares de color de los cuales se presentan ya sea en la forma de abanico o como una regla.

En México se pueden conseguir los siguientes:

- a) Abanico ROCHE (RCF).
- b) Abanico Basf (ovocolor).
- c) Abanico Prodemex para yema.
- d) Abanico Prodemex para pollo.
- e) Escala Hoechst para pollo.

El abanico de color Roche Yolk es ampliamente aceptado a lo largo de la cadena alimentaria como el estándar para medir el color de forma rutinaria y de manera confiable. Cada aspa del abanico contiene un color que ha sido medido objetivamente y por lo tanto puede ser reproducido. (Figura 5) (Colorímetro Roche, 2020).



Figura 5.- Abanico de Roche.

Fotocolorimetría de reflectancia:

Es la medición matemática de la reflexión de un haz de luz, de intensidad conocida, por medio de un fotocolorímetro que descompone la luz refractada en 3 dimensiones, en rojos, amarillos y luminosidad. Permitiendo dar un valor numérico a cada color, en forma independiente de la apreciación humana. (Raghavan, 2001).

2.1.8.4. Niveles de pigmentación

Se ha creado una escala de tipo subjetivo y practico, para calificar los diferentes niveles de pigmentación que se puede alcanzar en el pollo de engorda (Fernández, 2015).

- I. Tarsos amarillos, piel pálida.
- II. Tarsos naranja pálido, piel amarillo claro
- III. Tarsos anaranjados, piel amarilla
- IV. Tarsos naranja intenso, piel anaranjada
- V. Tarsos naranja intenso, piel naranja intenso

Los primeros 3 niveles de esta clasificación pueden alcanzarse con el uso de pigmentos amarillos exclusivamente, el ojo humano percibe otro color, a pesar de que se está usando partículas exclusivamente con longitud de onda amarilla. Sin embargo, para alcanzar los últimos dos niveles de pigmentación es necesario la combinación de colores rojos y amarillos (Figura 6), (Fernández, 2015).

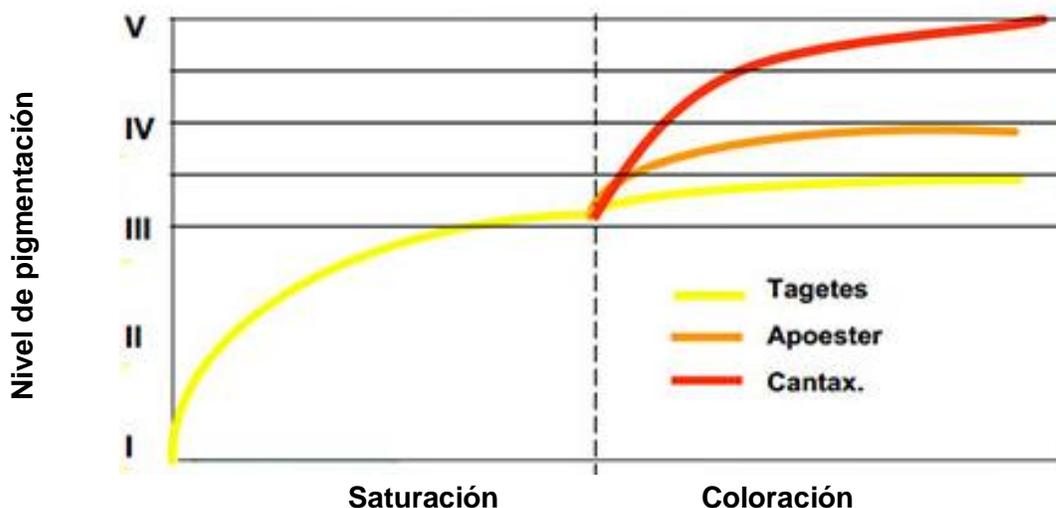


Figura 6.- Fases de saturación y coloración para pigmentar (Fernández, 2015).

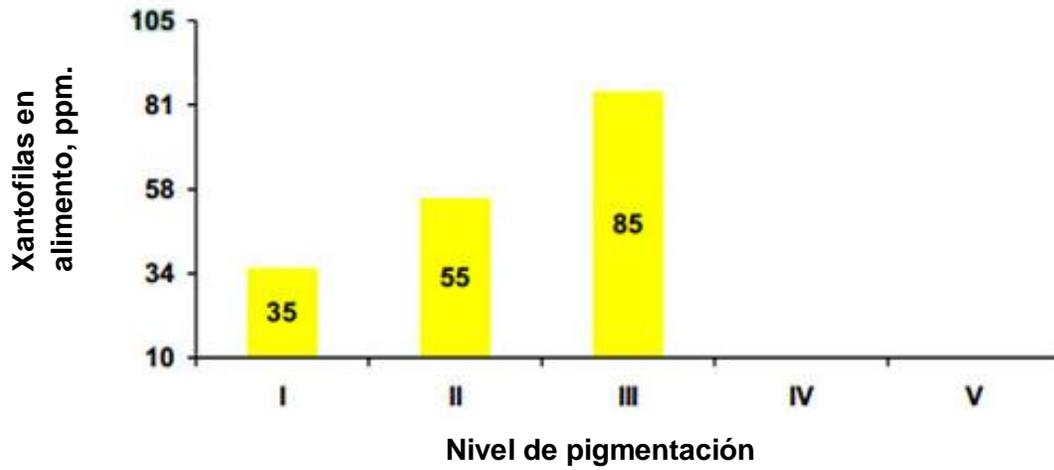


Figura 7.- Concentración de xantofilas amarillas para 3 niveles de pigmentación (Fernández, 2015).

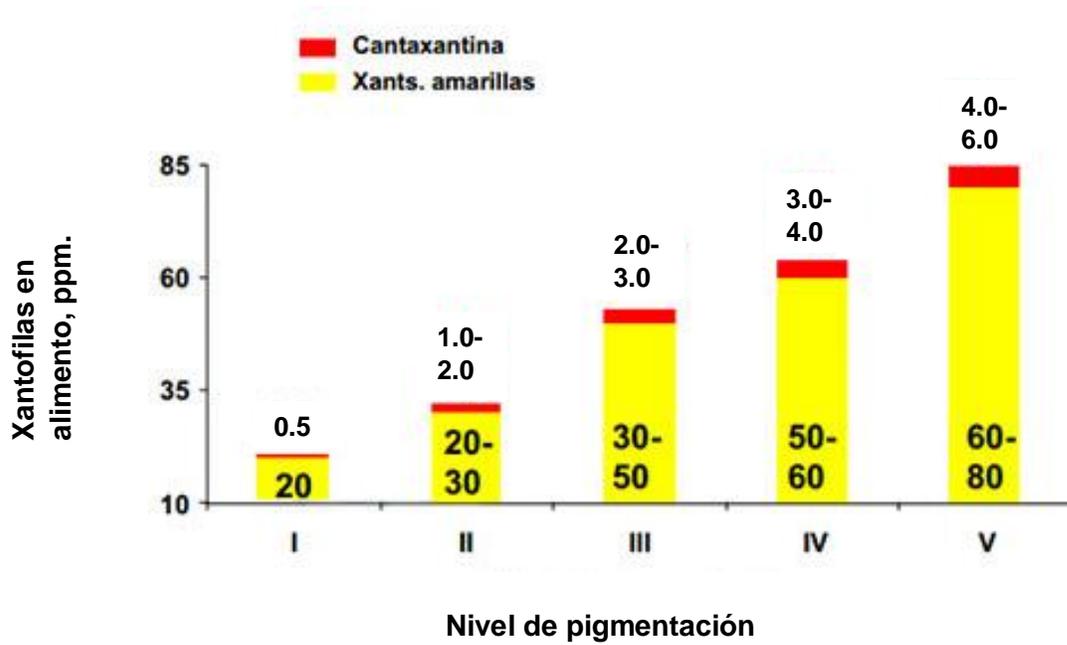


Figura 8.- Concentración de xantofilas para diferentes niveles de pigmentación (Fernández, 2018).

2.1.8.5. Factores que afectan la pigmentación del pollo

El lograr una pigmentación adecuada en el pollo de engorda no depende únicamente de la concentración de pigmento en la dieta, de hecho, se puede decir que el éxito o fracaso de cualquier estrategia pigmentante es el resultado de la interacción de muchos factores, los cuales se enlistan a continuación:

1. Tipo de carotenoide ofrecido a las aves. Es necesario conocer las diferentes eficiencias pigmentantes de los carotenoides disponibles comercialmente para poder elaborar fórmulas eficientes.
2. Genética. No todas las líneas de pollo presentan la misma eficiencia para la fijar pigmento en la piel.
3. Estado de salud. Cualquier tipo de enfermedad que disminuya el consumo de alimento va a provocar una ingesta menor de carotenoides, aunado a esta situación, cualquier tipo de daño sobre la integridad de la mucosa intestinal va a disminuir o impedir la absorción de las xantofilas dietarias.
4. Tipo de dieta. Las xantofilas son lípidos terpenoides, por lo tanto, se digieren y absorben como cualquier otra molécula no polar. Los niveles de grasa en la dieta afectan directamente la absorción de los carotenoides.
5. Instalaciones y manejo. Animales sometidos a manejos inadecuados o que se encuentran en instalaciones deficientes, mostrarán al menos una baja en el consumo de alimento, lo que traerá como consecuencia una pigmentación deficiente (Martínez, 2022).

III. Metodología

3.1. Localización

El presente trabajo fue desarrollado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro 1923, ubicada en Buenavista 25315, Saltillo, Coahuila, con coordenadas geográficas 25° 13' 00" latitud norte y 101° 00' 00" latitud oeste, con una altitud 1743 msnm.

3.1.1. Características climáticas

El clima predominante, según la clasificación de Kopen modificada por García (1987), tiene la siguiente nomenclatura BSKOX (W) (e), el cual se define como el clima más seco de los secos, extremoso, con presencia de verano cálido y con temperaturas medias anuales entre 12 y 18°C, con periodos de lluvias entre verano e invierno, porcentajes de lluvias invernales menores al 18 por ciento del total.

3.2. Materiales

3.2.1. Insumos y materia prima

- 150 pollos de engorda de la línea Ross-308, de un día de nacidos y sexados (machos) con peso promedio de 44 g.
- Dietas comerciales.
- Pigmento líquido.

Cuadro 5.- Composición de los alimentos utilizados en el experimento.

Alimento iniciador	
Proteína Mín	21.0 %
Grasa Mín	3.0 %
Fibra Máx	3.0 %
Humedad Máx	12.0 %
Cenizas Máx	7.0%
E.L.N	53.0 %
Alimento de engorda Nutripollo®	
Proteína Mín	21.0 %
Grasa Mín	4.0 %
Fibra Máx	3.5 %
Humedad Máx	12.0 %
Cenizas Máx	7.0 %
E.L.N	52.5 %
Alimento de engorda Agromas®	
Proteína Mín	18.0 %
Grasa Mín	4.0 %
Fibra Máx	12.0 %
Humedad Máx	12.0 %
Cenizas	8.0 %
E.L.N	46.0 %

Cuadro 6.- Pigmento comercial utilizado en el experimento.

Presentación	Nombre comercial
Líquido	Hi GOLD™ L15®

- **Dosis de pigmento:** 0.006 ml por kg de alimento.

Cuadro 7.- Materiales de campo.

Material	Cantidad
Charola iniciadora	4
Bebedero iniciador	4
Comedero colgante	8
Bebedero de campana	4
Criadora eléctrica	1
Criadora de gas	1
Bascula en gr	1
Bascula en kg	1
Abanico de ROCHE	1
Viruta (costales)	12
Cal (bulto)	1

3.3. Proceso experimental

3.3.1. Limpieza y desinfección

La bioseguridad es un factor muy importante e influyente en cualquier explotación y más tratándose de aves, ya que estas son muy susceptibles a enfermedades.

La limpieza general dio inicio el 14 de febrero del 2024, es decir dos semanas antes de la recepción de los pollos, con el fin de tener un espacio limpio y libre de patógenos (Figura 9).

Cuadro 8.- Actividades de limpieza y desinfección.

Actividad	Descripción
Limpieza interior de la granja.	Remoción de escombros, lavado del piso.
Encalado.	Aplicación de cal preparada con agua y nopal a toda la superficie.
Secado.	Se dejó reposar la instalación por un día.
Limpieza de bebederos y comederos.	Lavado y desinfección.
Limpieza exterior.	Deshierbe y remoción de escombros.
Desinfección.	Fumigación empleando BIOCLEAN®
Construcción de corrales.	Construcción de tres corrales con rejas de metal y madera.
Acondicionar con viruta.	A cada corral se le puso 5 cm de viruta, con el fin de proveer una adecuada temperatura y confort en las patas.
Colocación de comederos y bebederos.	Se colocaron a manera de que cada pollo tuviera acceso.



Figura 9.- Limpieza y desinfección del área de estudio.

3.3.2. Recepción de los pollos (Primer semana)

La llegada de los pollos fue el 29 de febrero del 2024, adquiridos de la incubadora “Huinalá”, Monterrey, Nuevo León, con un día de nacidos.

Fueron recibidos en un área específica para tomar el peso de recepción de manera individual, si los pollos permanecen mucho tiempo en caja, aumenta el potencial de deshidratación. Al momento de tomar el pesaje de cada pollo, estos fueron traspasados a la criadora, la cual cuenta con cinco niveles, en este caso solo se utilizaron tres, en cada uno se alojaron los 50 pollos de cada tratamiento (Figura 10).

Se les proporciono un alimento iniciador y agua *ad libitum* durante una semana. Y se estuvieron monitoreando constantemente con el fin de evitar muertes por amontonamiento.



Figura 10.- Pesaje y alojamiento de los pollitos en la criadora.

3.3.3. Manejo a partir de la segunda semana hasta su finalización.

La segunda semana inicio el 07 de marzo del 2024, los pollos fueron traspasados de la criadora a los corrales y se hizo el cambio de alimento. La alimentación y consumo de agua fue *ad libitum*. Semanalmente fueron pesados de forma individual todos los pollos y saldos de alimento en los comederos (Cuadro 9). También se evaluó el nivel de pigmentación y parámetros productivos.

Cuadro 9.- Peso promedio de los pollos de engorda y alimento consumido.

Tratamiento/Semanas	Peso (grs)	Alimento (Kg)
Inicial T1	44.55	-----
Inicial T2	45.05	-----
Inicial T3	44.23	-----
T1S1	171.66	7.03
T2S1	160.96	8.02
T3S1	176.60	7.06
T1S2	383.85	16.90
T2S2	283.24	23.14
T3S2	393.33	17.89
T1S3	837.11	32.00
T2S3	564.59	32.00
T3S3	846.00	32.00
T1S4	1313.68	29.13
T2S4	994.26	38.44
T3S4	1363.00	35.24
T1S5	1912.33	22.85
T2S5	1611.38	45.77
T3S5	2122.50	27.09

T1S1: Tratamiento uno semana uno; T2S2: Tratamiento dos semana dos; T3S3: Tratamiento tres semana tres; T4S4: Tratamiento cuatro semana cuatro; T5S5: Tratamiento cinco semana cinco.

Cuadro 10.- Etapa de alimentación en los pollos de engorda.

Tipo de alimento	Días de alimentación	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Inicio	7 días	29 de febrero del 2024	07 de marzo del 2024
Engorda	28 días	07 de marzo del 2024	04 de abril del 2024

3.4. Método experimental.

Se realizó un análisis de varianza con un diseño completamente al azar con el procedimiento PROC GLM del SAS estadístico para Windows versión 9.0 (SAS, 2011) realizando una comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$).

$$Y_{ij} = \mu + a_i + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable de estudio

μ = Media general de la población estudiada

a_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ijk} = Error estándar de la media

IV. Resultados y discusión

4.1. Ganancia de peso

Los pesos iniciales de los pollos no presentaron diferencia entre los tratamientos ($P>0.05$), en las semanas dos, tres y cuatro, sus ganancias de peso fueron similares, no así para la semana cinco ($P<0.05$), donde se observa una marcada diferencia entre los tratamientos. La ganancia de peso para cada tratamiento fue T1 (1912 g), T2 (1611 g) y T3 (2122 g), (Cuadro 12); esto pudo deberse al menor contenido de PC (proteína cruda), (18 %) de la dieta que utilizó T2 a comparación de la dieta utilizada para T1 y T3 que contenía mayor porcentaje de PC (21 %).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Martínez *et al.*, (2004) donde se obtuvieron resultados promedio en 47 días de edad, y se puede apreciar que no existió diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos para ganancia de peso. La ganancia de peso en sus tres tratamientos fue de T1 (2471 g \pm 11.53), T2 (2457 g \pm 10.11) y T3 (2455 g \pm 5.86).

Por otro lado, Medina *et al.*, (2014) reportó el efecto de la inclusión de levaduras en la dieta sobre la ganancia de peso corporal de pollos de engorde machos durante seis semanas. Únicamente presentaron diferencias significativas ($P<0.05$) en la ganancia de peso corporal acumulada a la semana cinco. El valor más alto fue para el tratamiento cuatro (1902.89 g), el cual fue diferente al obtenido con los tratamientos uno, dos y tres pero igual al tratamiento cinco. Estos datos difieren con los reportados por Díaz, (2006) el cual obtuvo ganancias de peso inferiores al suministrar un nucleótido como promotor de crecimiento en la fase de finalización, obteniendo los siguientes resultados en sus dos tratamientos: 1214 g y 1244 g para T1 y T2 respectivamente. Al igual, García *et al.*, (2003), reportó valores menores a la presente investigación, donde obtuvieron los siguientes valores T1= 1.151 kg/ave y T2= 1.136 kg/ave con el mismo porcentaje de proteína (19 %). Los pollos fueron alimentados con dietas formuladas en base a aminoácidos totales y aminoácidos digestibles.

Cuadro 11.- Ganancia diaria de peso del tratamiento Testigo (T1), T2 y T3.

Tratamiento/Semana	(grs)
T1S1	18.18 ^{ab}
T2S1	16.55 ^b
T3S1	18.91 ^a
T1S2	30.31 ^a
T2S2	17.31 ^b
T3S2	30.96 ^a
T1S3	64.58 ^a
T2S3	40.23 ^b
T3S3	64.94 ^a
T1S4	66.59 ^a
T2S4	61.79 ^a
T3S4	71.97 ^a
T1S5	83.38 ^b
T2S5	88.16 ^b
T3S5	109.13 ^a

a, b, c: Diferencia significativa, T1S1: Tratamiento uno semana uno; T2S2: Tratamiento dos semana dos; T3S3: Tratamiento tres semana tres; T4S4: Tratamiento cuatro semana cuatro; T5S5: Tratamiento cinco semana cinco.

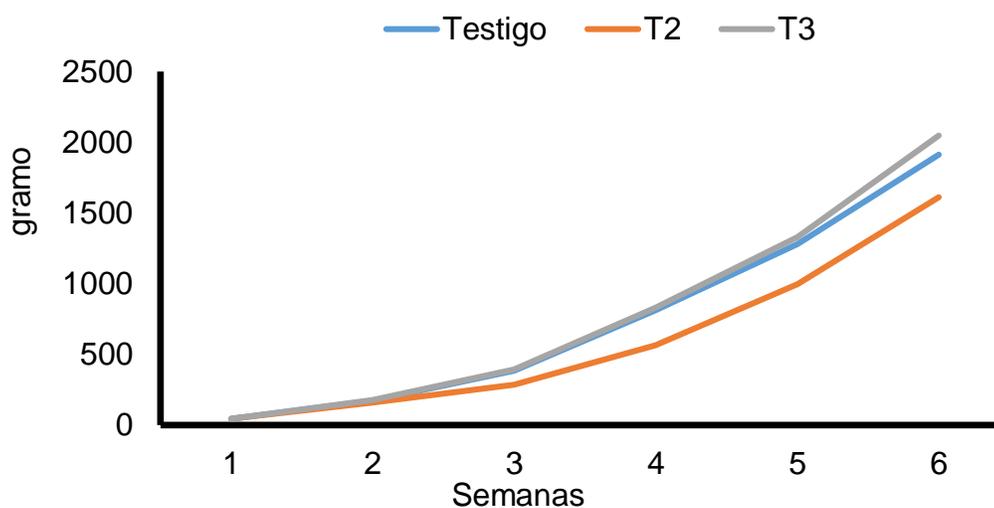


Figura 11.- Peso promedio de los pollos de engorda.

Cuadro 12.- Peso promedio de los pollos de engorda y alimento consumido.

Tratamiento/Semanas	Peso (grs)	Alimento (Kg)
Inicial T1	44.55 ^a	-----
Inicial T2	45.05 ^a	-----
Inicial T3	44.23 ^a	-----
T1S1	171.66 ^{ab}	7.03
T2S1	160.96 ^b	8.02
T3S1	176.60 ^a	7.06
T1S2	383.85 ^a	16.90
T2S2	283.24 ^b	23.14
T3S2	393.33 ^a	17.89
T1S3	837.11 ^a	32.00
T2S3	564.59 ^b	32.00
T3S3	846.00 ^a	32.00
T1S4	1313.68 ^a	29.13
T2S4	994.26 ^b	38.44
T3S4	1363.00 ^a	35.24
T1S5	1912.33 ^b	22.85
T2S5	1611.38 ^c	45.77
T3S5	2122.50 ^a	27.09

^{a, b, c}: Diferencia significativa; T1S1: Tratamiento uno semana uno; T2S2: Tratamiento dos semana dos; T3S3: Tratamiento tres semana tres; T4S4: Tratamiento cuatro semana cuatro; T5S5: Tratamiento cinco semana cinco.

4.2. Índice de conversión alimenticia

El índice de conversión en las cinco semanas no presento diferencia entre los tratamientos ($P > 0.05$), reportando una tendencia cuadrática durante el experimento, el índice de conversión que se obtuvo fue: semana uno (1.19), semana dos (2.37), semana tres (1.98), semana cuatro (1.90), semana cinco (1.38), (Cuadro 13). Esto debido a que el objetivo de la investigación era la pigmentación y no la ganancia de peso.

Estos resultados difieren con los reportados por Martínez *et al.*, (2004), donde se puede apreciar que existió diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos para consumo de alimento y conversión alimenticia. El consumo de alimento fue de T1 (4317 g \pm 99.39), T2 (4359 g \pm 52.56) y T3 (4328 g \pm 31.88), en cuanto a la variable de conversión alimenticia se obtuvo T1 (1.76 \pm 0.035), T2 (1.77 \pm 0.022) y T3 (1.76 \pm 0.014).

Guadarrama *et al.*, (2007) reporto datos menores a la presente investigación, donde existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos, ya que el T2 presento menor conversión alimenticia (1.525) comparado con el del T1 (1.259). Debido a la composición nutrimental de la formula comercial y con una diferencia de porcentajes de proteína en cada tratamiento.

Cuadro 13.- Índice de conversión alimenticia en los pollos de engorda.

Tratamiento/semana	Consumo alimento (grs/día)	I.C. semanal	I.C Promedio
T1S1	152.08 ^a	1.19 ^b	
T2S1	154.23 ^a	1.33 ^a	1.19 ^a
T3S1	141.20 ^a	1.07 ^c	
T1S2	352.08 ^b	1.66 ^c	
T2S2	453.63 ^a	3.74 ^a	2.37 ^a
T3S2	372.72 ^b	1.72 ^b	
T1S3	842.09 ^a	1.86 ^b	
T2S3	653.05 ^b	2.32 ^a	1.98 ^a
T3S3	800.00 ^a	1.76 ^c	
T1S4	856.79 ^{ab}	1.84 ^c	
T2S4	817.87 ^b	1.89 ^b	1.90 ^a
T3S4	1006.71 ^a	1.99 ^a	
T1S5	761.51 ^b	1.30 ^b	
T2S5	973.77 ^a	1.58 ^a	1.38 ^a
T3S5	963.29 ^{ab}	1.27 ^c	

a, b, c: Diferencia significativa; I.C: Índice de conversión; T1S1: Tratamiento uno semana uno; T2S2: Tratamiento dos semana dos; T3S3: Tratamiento tres semana tres; T4S4: Tratamiento cuatro semana cuatro; T5S5: Tratamiento cinco semana cinco.

4.3. Nivel de pigmentación

El nivel de pigmentación en las cinco semanas presento diferencia entre los tratamientos ($P < 0.05$). Durante las cinco semanas el nivel de pigmentación para el testigo (T1) se mantuvo (nivel 1), mientras que para el T2 y T3 aumento a partir de la tercera semana, siendo el T3 el que presento mayor pigmentación (nivel 3), utilizando 0.006 ml de pigmento (xantofilas) por kg de alimento, (Cuadro 14).

Esto concuerda con los resultados obtenidos por Martínez *et al.*, (2004) en los cuales se observa que existió diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos, con una mayor pigmentación en el tratamiento 3 respecto a los tratamientos 1 y 2.

El mayor efecto de amarillamiento fue en el tratamiento 3 con 80 ppm, 6.9 % más de pigmentación con respecto al tratamiento 2, que contenía 70 ppm de xantofilas amarillas (242 mg de xantofilas consumidas por ave), y de un 12.4 % más de color amarillo respecto al tratamiento 1 con 60 ppm (205 mg por ave). Sin embargo estadísticamente fueron semejantes los tratamientos 1 y 2, datos que demuestran que el pollo de engorda actual requiere una cantidad mayor de xantofilas en la dieta.

Esto coincide con otros autores, quienes realizaron un trabajo con pigmentos naturales y sintéticos y concluyeron que los valores de amarillamiento durante el ciclo productivo fueron los más altos para los tratamientos de pigmentos naturales amarillos a altos niveles (85 ppm), (Martínez *et al.*, 2004).

Cuadro 14.- Nivel de pigmentación Testigo (T1), T2 y T3.

Semana	Tratamiento	Nivel
2	Testigo	1
	P-T2	1
	P-T3	1
3	Testigo	1
	P-T2	1
	P-T3	2
4	Testigo	1
	P-T2	2
	P-T3	3
5	Testigo	1
	P-T2	2
	P-T3	3

P-T2: pigmento tratamiento dos; P-T3: pigmento tratamiento tres.

4.4. Costos

Al analizar el (Cuadro 16, 17 y 18), se concluye que el costo de producción es mayor en el T2, a comparación del T3, cabe resaltar que el alimento de T2 fue \$10 más costoso en 40 kg que el utilizado en el T1 y T3. El costo extra en el T3 es debido al pigmento agregado sin embargo, siguió siendo más económico que el T2. De acuerdo a estos datos, resulto más rentable el T3, no solo por el costo, sino también por el porcentaje de PC que contenía el alimento, lo cual se vio reflejado en una mejor ganancia de peso, índice de conversión y nivel de pigmentación en el pollo.

Cuadro 15.- Costo de los pollos.

Línea	Cantidad	Precio/pollo (\$)	Importe
ROSS-308	150	16	2400

Cuadro 16.- Costo de los alimentos utilizados en el experimento.

Nombre comercial	Presentación	Contenido (kg)	Cantidad	Costo/bulto	Importe (\$)
Iniciador	Migaja	20	1	470	470
Nutripollo®	Migaja	40	6	467	2802
Agromas®	Migaja	40	4	477	1908
				Total	5180

Cuadro 17.- Costo de producción Testigo (T1) y T2.

Tratamiento	Semana	Costo A. consumido	Costo A. consumido/día	Costo alimento/pollo
Testigo	1	144.35	20.62	0.43
	2	197.31	28.19	0.59
	3	373.6	53.37	1.19
	4	340.09	48.58	1.31
	5	266.72	38.10	1.27
T2	1	153.51	21.93	0.42
	2	275.88	39.41	0.77
	3	381.6	54.51	1.11
	4	458.40	65.49	1.39
	5	545.78	77.97	1.66

Cuadro 18.- Costo de producción T3.

Semana	Costo A. consumido	Costo P. consumido	Total	Costo A. consumido/día	costo alimento/pollo
1	141.55	7.30	148.85	21.26	0.43
2	208.87	18.51	227.37	32.48	0.68
3	373.6	33.10	406.70	58.10	1.24
4	411.37	36.45	447.82	63.97	1.60
5	316.22	28.02	344.23	49.18	1.59

V. Conclusiones

La ganancia de peso en todo el periodo experimental fue mejor para el tratamiento tres (2122 g), seguido por el tratamiento uno (1912 g) y dos (1611 g), este efecto probablemente fue causado por el contenido de proteína de los alimentos los cuales eran diferentes.

Para el caso del consumo de alimento fue similar en los tres tratamientos al inicio del experimento, pero no así al final de este, los tratamientos dos y tres tuvieron el mayor consumo, este efecto probablemente fue causado por un consumo de proteína y fibra diferente.

En cuanto al índice de conversión, el tratamiento tres (1.27) fue el mejor, seguido del tratamiento uno (1.30). El tratamiento dos fue el que presento una baja conversión (1.58), esto se pudo deber a que los alimentos ofrecidos a los pollos en la etapa de engorda no contenían el mismo porcentaje de proteína afectando negativamente este parámetro.

Al evaluar los niveles de pigmentación en los tres tratamientos, se determinó que el T3 con 0.006 ml de pigmento líquido por kg de alimento tuvo mejor respuesta a comparación del T2: Alimento ya pigmentado. Se concluye que adicionar fuentes de pigmento a la dieta si influye en la coloración de la piel y tarsos del pollo, lo cual se traduce en un mejor precio de venta y preferencia del consumidor.

Los datos obtenidos en este experimento para los parámetros productivos, coinciden con los obtenidos por varios autores, quienes han demostrado que la adición de pigmentos en la dieta no ejerce ningún efecto sobre el comportamiento productivo.

VI. Literatura citada

- Acres, A. 2018. Manual de manejo de pollo de engorde Ross, An Aviagen Brand, 2018 [Consultado el 17 de enero del 2025].
- Ávila G. E. 1990. Alimentación de las aves. México, D.F: Editorial Trillas.
- Ávila, G. E. 1990. Pigmentantes en la Avicultura en: Ávila GE, Shimada AS, Llamas G. Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria. Sistema de Educación Continua en Producción animal en México. A.C. 239-250.
- Boleli, I. C., Maiorka, A. y Macari, M. 2002. “Estrutura funcional do trato digestório”, en Macari, M. (ed.) Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2a ed. Jaboticabal, Brazil: FUNEP/UNESP, pp. 75–96.
- Breithaupt, D.E. Weller, P. Grashorn, M. A. 2003. Quantification of carotenoids in chicken plasma after feeding free or esterified lutein and capsanthin using high-performance liquid chromatography and liquid chromatography-mass spectrometry analysis. Poultr. Sci. 82: 395-401.
- Carranco, M., Calvo, C., Arellano, L., Pérez-Gil, F., Ávila, E., y Fuente, B. (2003). Inclusión de la harina de cabezas de camarón penaeus sp. En raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. Interciencia. Caracas, Venezuela. vol. 28, núm. 6, pp. 328-333.
- Carrasco, D. 2007. Manual de Avicultura. 1ra Edición. La Paz – Bolivia, 65 p.
- Castañeda, P. 2018. Producir pollo de engorda es altamente rentable. <https://www.avicultura.mx/destacado/Producir-pollo-de-engorda-es-altamente-rentable%253A-Dra.-Pilar-Castaneda%252C-UNAM> [consultado el 12 de enero del 2025].
- Castellanos, E. F. 2014. Aves de corral. SEP trillas, p.112.
- Castiblanco, M. P. 2019. Mejorando las Características de la Carne de Pollo a Través Deantioxidantes. <https://bmeditores.mx/avicultura/mejorando-las-caracteristicas-de-la-carne-de-pollo-a-traves-deantioxidantes-2201/> [consultado el 20 de diciembre del 2024].

- Colorímetro Digital DMS. (2020). registrado como Yolxfan™. Recuperado de <https://www.digitalyolxfan.com/product/digital-yolk-fan/> [Consultado el 12 de febrero del 2025].
- Cuca, G. M. y Ávila, G. E., Pro M. A. 2009. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección del patronato universitario. Departamento de Zootecnia.
- Cuca, M. E., Ávila, E. G. y Pro, M., 1996. Alimentación de las Aves, Universidad autónoma de Chapingo, 1º Edición, Montecillo – México, 360 p.
- Cuca, M. Pino J. A. y Mendoza, A. 1963. Centro Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G., México, D. F. Téc. Pec. en México. 2:39-42.
- Cuellar, S. J. 2022. Conversión alimenticia en el pollo de engorde. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/conversion-alimenticia-en-el-pollo-de-engorde-que-significa-y-como-hacerla-eficiente/> [consultado el 10 de febrero del 2025].
- Cuevas, Díaz, B. Molina, G. y Retanal, A. C. (2003). Pigmentos utilizados en raciones de gallinas ponedoras. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8911.pdf> [consultado el 26 de enero del 2025].
- Fernández, S. 2000. Pigmentación en la avicultura: Memorias de Diplomado en Producción Avícola; Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM). 51-171.
- Fernández, S. R. (2015). Pigmentación en pollo de engorde. Obtenido de <http://www.elsitioavicola.com/articles/2658/pigmentacion-en-pollo-deengorde/> [consultado el 01 de Febrero del 2025].
- Hernández, M. y Sastre, A., (1999). Tratado de Nutrición. Madrid, p. 1496.
- Jaramillo, M. F. 2022. Alimentación del pollo de engorde fases pre iniciación, iniciación y engorde. <https://www.solla.com/wp-content/uploads/2022/02/25.AlimentacionPolloEngordeFases-1.pdf> [consultado el 06 de enero del 2025].
- Lon-wo, E. y Dieppa, O. 2005. Relaciones energía-proteína- aminoácidos en la eficiencia productiva y económica para la ceba de pollos en Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 39, No. 4.

- López, C. y Fehervari, T., 1997. Material de Estudio, Área Aves, 1º Edición, Editorial Isidro Castro Mendoza, Veterinaria y Zootecnia, México D.F., 540 p.
- Mack, O. N., 1986. Digestión y Metabolismo, Cap. 24, Manual de Producción Avícola (traducido de la tercera edición), Editorial El Manual Moderno, México D.F., 529 p.
- MAPAMA. 2016. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero, Avicultura de carne. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). <http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/sistemas-prodnut-animal/aves-carne.aspx>. [Consultado el 08 de enero del 2025].
- Marín, R. M. 1998. Uso de la larva de mosca domestica (*Musca domestica* L.) en diferentes porcentajes, como suplemento en la alimentación de pollos de engorde. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. P. 4-6.
- Martínez, A. (2010). Evaluación del crecimiento celular y de los pigmentos obtenidos de la micro alga *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyta: Volvocales) cultivada en diferentes medios. México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de investigación en ciencia aplicada.
- Martínez, J. C. 2022. La pigmentación del pollo. <https://bmeditores.mx/avicultura/la-pigmentacion-del-pollo/> [consultado el 20 de febrero de 2025].
- Mascarrel, J., y Carné, S. (2011). Pigmentos naturales: Combinación de xantofilas amarillas y rojas para optimizar su utilización en broilers. <http://www2.avicultura.com/sa/012-017-Alimentacion-Pigmentantesnaturales-Mascarell-Carne-ITPSA-SA201112.pdf> [consultado el 29 de enero del 2025].
- McDowell, L.R.; Ward, N.E. 2008. Optimun vitamin nutrition for poultry. International Poultry Production. Vol. 6, Nº 4. 27-34 p.
- McLelland J. 1989. Anatomy of the avian cecum. Journal of Experimental Zoology Supplement, 3:2-9; doi:10.1002/jez.1402520503.
- Montilla J. J. y Angulo I. A. 1984. Pigmentantes en raciones para aves. Memorias del IV ciclo de conferencias de producción avícola.

- North, M.O.1986. Manual de producción avícola. Trad por Michael Carroll. 3 ed. México, D.F., Manual moderno 839 p.
- NRC (1994) Nutrient Requeriments of Poultry.8 ed. Natl. Acad. Sci. Washing DC, EEUU.
- NRC (1995). Requerimientos Nutricionales de las Aves de Corral, 9ª ed. Academia Nacional de Ciencias, Washington D.C. – Estados Unidos, 465 p.
- Pantoja L. y González O. 2020. Salud intestinal y pigmentación del pollo de engorde. <https://nutrinews.com/salud-intestinal-y-pigmentacion-del-pollo-de-engorde-2/> [consultado el 23 de enero del 2025].
- Pesado, F. A. 2024. Producción mundial de carne de pollo y de huevo para plato. <https://bmeditores.mx/avicultura/produccion-mundial-de-carne-de-pollo-y-de-huevo-para-plato/> [consultado el 16 de enero del 2025].
- Puga, F. 2020. Conceptos del aparato digestivo en el pollo de engorda. <https://bmeditores.mx/avicultura/conceptos-del-aparato-digestivo-en-el-pollo-de-engorda/> [consultado el 08 de enero del 2024].
- Raghavan. V. (2001). Pigmentation in broilers. FEED MIX, 14-15.
- Rodríguez, C. F.; Waxman, S. y Lucas, B. J. J. 2016. Particularidades anatómicas fisiológicas y etológicas con repercusión terapéutica, en medicina aviar (II): aparato digestivo, aparato cardiovascular, sistema músculo- esquelético, tegumento y otras características. [En línea]. Facultad de veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. [Consultado el 05 de enero del 2025].
- Ruiz, B. 2018. Nutrido crecimiento avícola en 2017. Industria Avícola. 65. (4):6-30.
- Sahraei, M. 2012. Feed restriction in broiler chickens production: a review. Global Veterinaria. 8 (5): 449- 458.
- Schiedt K. Leuenberger FJ. Vecchi M. Glinz E. 1985. Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. Puree and appl. Chem. 57 (5): 685-692.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Infografía agroalimentaria 2024. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

- Sklan, D.; y Plavnik, I. 2002. Interactions between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers, *British Poultry Science*, 43:3, 442-449.
- Sturkey, P. D. 1968. *Fisiología Aviar*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Sumano, H.S.; Gutiérrez, L. 2010. Vitaminas como agentes terapéuticos. Capítulo 15. En: *Farmacología Clínica en Aves Comerciales*. Editorial McGraw-Hill Interamericana editors. México. 549-578 p.
- Sunde, M. L. 1992. The scientific way to pigment poultry products. *Poult Sci.* 71: 709-710.
- Turk, D. E. (1982) "The Anatomy of the Avian Digestive Tract as Related to Feed Utilization", *Poultry Science*, 61(7), pp. 1225–1244. doi: 10.3382/ps.0611225.
- Tyczkowski J. Hamilton B. 1986. Absorption, transport and deposition in chickens of lutein diester a carotenoid extracted from marigold (*Tagetes erecta*) petals. *Poult Sci.* 65: 1526-1531.
- USDA-FAS. Mexico. *Poultry and Products Semi-Annual*. February, 2024.
- Vaca Leonel Adam. *Manuel de Producción Avícola*: Editorial universidad estatal a distancia EUNED, 1968. Pág. 58-61.
- Vaca, L. A. 2003. *Producción avícola*. (1a ed.). Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p. 58-61.
- Vargas, R. J. 2009. *Evaluación de líneas de pollo (Gallus gallus) de engorde Ross 308 y Cobb 500 en operación de Cargill en Nicaragua*. Zamorano, Honduras. 67 p.
- William, W.D. 1992. Origin and impact of color on consumer preference for food. *Poult Sci.* 71(4): 744-746.

VII. Anexos



Figura 1.- Alimento de engorda.



Figura 2.- Pigmento Líquido.



Figura 3.- Mezcla.



Figura 4.- Nivel de pigmentación uno.



Figura 5.- Pesaje segunda semana.



Figura 6.- Pesaje Finalización.



Figura 7.- Nivel de pigmentación dos.



Figura 8.- Pigmentación en la piel y tarsos del pollo.