

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



USO DEL EXTRACTO DE CEMPASUCHIL (*TAGETES ERECTA*) PARA
INTENSIFICAR LA PIGMENTACIÓN DE LA PECHUGA Y TARSOS EN POLLOS
DE ENGORDA

Por:

CLARA EGLANTINA RIVERA SOLIS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

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

USO DEL EXTRACTO DE CEMPASUCHIL (*TARGETES ERECTA*) PARA
INTENSIFICAR LA PIGMENTACIÓN DE LA PECHUGA Y TARSOS EN POLLOS DE
ENGORDA

Por:


CLARA EGLANTINA RIVERA SOLIS


TESIS

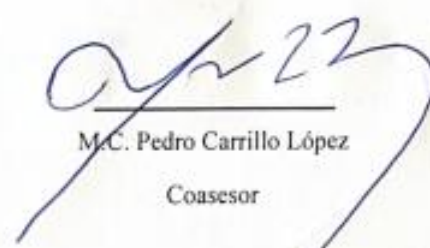
Que somete a la consideración del H. jurado Examinador como requisito para obtener el
título de:


INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por


Ing. Ricardo Deyta Monjaras
Asesor Principal


Dra. Luz Leticia Rivera Solis
Coasesor


M.C. Pedro Carrillo López
Coasesor


M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador del Departamento de
Producción Animal



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

USO DEL EXTRACTO DE CEMPASUCHIL (*TARGETES ERECTA*) PARA
INTENSIFICAR LA PIGMENTACIÓN DE LA PECHUGA Y TARSOS EN POLLOS DE
ENGORDA


Por:

CLARA EGLANTINA RIVERA SOLIS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA



Ing. Ricardo Deyta Monjaras
Asesor Principal Interno



M.C. Pedro Carrillo López
Coasesor



Dra. Luz Leticia Rivera Solis
Coasesor Externo

DECLARACION DE NO PLAGIO.

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado "USO DEL EXTRACTO DE CEMPASUCHIL (*TAGETES ERECTA*) PARA INTENSIFICAR LA PIGMENTACIÓN DE LA PECHUGA Y TARSOS EN POLLOS DE ENGORDA" es producto de mi esfuerzo y es un trabajo original. A su vez manifiesto que no he incurrido en plagio, copia parcial o total del contenido de otros autores, y que cada uno de los datos, análisis y resultados son producto de mi investigación.

Entiendo que cualquier acto contrario a lo declarado conlleva a una violación de los principios éticos, teniendo como consecuencia una sanción por las autoridades correspondientes.



Ing. Ricardo Deyta Monjaras
Asesor Principal Interno

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas y cada una de las personas que estuvieron presente en este proyecto de tesis, a quienes me brindaron su apoyo tanto directa como indirectamente:

A mi asesor **Ing. Ricardo Deyta Monjaras** por brindarme su amistad, apoyo constante y motivación para la realización de esta tesis.

A mis coasesores **M.C. Pedro Carrillo López y Luz Leticia Rivera Solis** por compartir sus conocimientos y el apoyo durante la realización de este trabajo.

A mi **ALMA TERRA MATER** por haberme permitido realizar mis estudios y culminar con ellos, fortaleciendo mis conocimientos cada día para ejercer mi formación académica y personal, a todas las personas administrativas y profesores que hicieron posible esta etapa de aprendizaje.

DEDICATORIA.

A mis queridos padres **Olga Leticia Solis Cerda** y **Jesús María Rivera Meza** por su amor incondicional, por su apoyo en cada etapa de mi vida, por alentarme a no rendirme y que, con su esfuerzo, consejos y su cariño me han acompañado a lo largo de este camino, gracias por ser mi mayor inspiración y por darme las herramientas para poder llegar hasta aquí. Este logro también es suyo.

A mi hermana **Luz Leticia Rivera Solis** que siempre estuvo presente con palabras de aliento, por animarme y por celebrar cada pequeño logro que he tenido, por ser un apoyo tan grande en mi vida, gracias por tu paciencia y por creer en mí.

A mis **amigos**, que con su compañía hicieron más ameno mi camino en esta universidad, por su comprensión y constantes ánimos, por sus consejos y momentos de distracción hicieron que este proceso fuera más divertido.

A la memoria de mi querida abuelita **Joaquina Rivera Meza** cuyo amor y fortaleza dejaron una huella profunda en mi vida, me heredo la fuerza necesaria para alcanzar mis metas, sus palabras y consejos siguen siendo una guía constante en mi camino, gracias por el amor que sembraste en mí y por la paciencia tuvo. Este logro también es para ella, con todo mi amor y gratitud.

INDICE GENERAL

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
2.1 Producción mundial de la carne de pollo	3
2.2 Consumo mundial de la carne de pollo.....	4
2.3 Crecimiento en la producción mundial de carne de pollo.....	5
2.4 Producción de la carne de pollo en México	6
2.5 Consumo de la carne de pollo en México	6
2.6 Características del pollo de engorda.....	7
2.7 Principales razas utilizadas de pollos de engorda	7
2.8 Alimentación de los pollos de engorda.....	12
2.9 Sistema digestivo de los pollos de engorda	16
2.10 Pigmentos naturales utilizados para la coloración de tarsos y pechuga.....	21
2.11 Métodos para evaluar la pigmentación.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Ubicación del experimento.....	27
3.2 Metodología.....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
5. CONCLUSIÓN.....	38
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de carne por región. Fuente: FAO.....	3
Figura 2. Comercio mundial de carne por región. Fuente: FAO.....	4
Figura 3. Consumo mundial de la carne de pollo por año	5
Figura 4. Principales países consumidores de carne de pollo.....	5
Figura 5. Producción de carne de pollo en México	6
Figura 6. Raza de pollo Ross 308	8
Figura 7. Raza de pollo Cobb 500	9
Figura 8. Raza de pollo Arbor Acres	11
Figura 9. Raza de pollo Hubbard.....	12
Figura 10. Tracto digestivo de un pollo	16
Figura 11. Ubicación del buche en una gallina hembra.....	17
Figura 12. Dos vistas del proventrículo y la molleja del tracto digestivo de un pollo .	18
Figura 13. Interior de una molleja de pollo con el revestimiento interno removido	19
Figura 14. Ubicación del divertículo de Meckel en el tracto digestivo de un pollo.....	20
Figura 15. Ejemplo de donde se pueden encontrar los carotenoides	22
Figura 16. Escala de colorimetría de los carotenoides amarillos y carotenoides rojos.	23
Figura 17. Abanico ROCHE (RFC) Fuente: Zucami.....	27
Figura 18. Recibida y pesaje de los pollos	28
Figura 19. Criadora para pollos	29
Figura 20. Alimento “Baby Chicken”	29
Figura 21. Alimento “Agromix” y armado de corrales	30
Figura 22. Comederos y bebederos automáticos	30
Figura 23. Alimento “Pollo oro” en una presentación de 20 kg en forma de pellet.....	31
Figura 24. Presentación del pigmento marca “IOSA” con presentación de 15 kg en forma líquida,.....	31
Figura 25. Preparación del alimento (revolvedora).....	31
Figura 26. Pollo con síndrome ascítico	32
Figura 27. Lectura con el colorímetro Roche del pollo testigo.....	32
Figura 28. Lectura con el colorímetro Roche de pollo con alimento pigmentado.....	33
Figura 29. Tarso y pechuga de pollo testigo	33
Figura 30. Tarso y pechuga de pollo con extracto.....	34
Figura 31. Tarso y pechuga pollo testigo.....	34
Figura 32. Tarsos y pechuga pollo con extracto de cempasúchil	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados semana 3.....	36
Tabla 2. Resultados semana 4.....	36
Tabla 3. Resultados semana 5.....	37

RESUMEN

Para realizar este experimento se utilizaron 74 pollos machos de la raza Ross 308 de un día de edad, al llegar a la granja permanecieron en la criadora horizontal por 2 días para posteriormente ser trasladados a los corrales en los cuales se dividieron al azar quedando 37 pollos para el experimento y 37 pollos testigos. El experimento duro 5 semanas en las cuales las primeras 2 semanas se ofreció el alimento sin pigmento, posteriormente durante las siguientes 3 semanas se agregaron 80 mililitros (ml) del extracto de flor de cempasúchil por cada 20 kilogramos (kg) de alimento comparando hasta el fin del experimento.

El abanico de Roche mejor conocido como un “abanico de colorimetría” es utilizado para medir la intensidad del color amarillo en cuanto a la pigmentación que se presenta en la yema de los huevos y en tarsos y pechuga de pollos de engorde, de igual manera se complementa con medidores colorimétricos para obtener resultados más consistentes. En este experimento resulto útil al realizar las lecturas en tarsos y pechugas, dando resultado un numero 4 con el pigmento añadido a comparación de los pollos testigos que obtuvieron un nivel 2.

ABSTRACT.

To conduct this experiment, 74 one-day-old male Ross 308 chickens were used. Upon arrival at the farm, they remained in the horizontal brooder for two days and were then transferred to pens, where they were randomly divided into 37 chickens for the experiment and 37 control chickens. The experiment lasted five weeks. During the first two weeks, the chickens were fed pigment-free feed. During the following three weeks, 80 miligrams (ml) of marigold flower extract was added for every 20 kilograms (kg) of feed, and the chickens were compared until the end of the experiment.

The Roche fan, better known as a “colorimetry fan,” is used to measure the intensity of yellow color in terms of pigmentation in egg yolks and in the tarsi and breasts of broiler chickens. It is complemented by colorimetry meters to obtain more consistent results. In this experiment, it proved useful when taking readings on tarsi and breasts, resulting in a number 4 with the added pigment compared to the control chickens, which obtained a level 2.

1. INTRODUCCIÓN

En México la avicultura es una práctica agropecuaria que se encarga de distribuir alimentos de alto valor nutricional para la dieta humana (Arias-Domínguez *et al.*, 2022). Uno de los alimentos más consumidos en México es la carne de pollo por su calidad y sus precios en el mercado, cabe mencionar que al final del 2019 la producción de carne de pollo aumento un 3% (Unión Nacional de Avicultores, 2019).

En el 2019 la avicultura represento el 63.3% de la producción pecuaria ya que seguía siendo la actividad más importante de México (Avicultores, 2019). Según la FAO en el 2017 señalo que habría un incremento de más del 13% en la producción de carne avícola para el año 2026 (Bustamante-Lara, 2023). Los estados más productores de carne de ave son Veracruz, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro y Durango aportando el 53% de la producción del territorio nacional (Productos, E., y Volver, E, 2024). La carne de pollo represento el mayor consumo per cápita en el 2021 (Nochebuena Molina *et al.*, 2023).

El pollo de engorde de la línea Ross 308 esta caracterizado por su buena conformación, su rapidez de crecimiento y el alto rendimiento que tiene de la canal (Antonio Murillo y Vasquez Bejarano, 18 C.E.). La flor de cempasúchil destaca en la pigmentación y como colorante natural ya que tiene como característica principal un alto contenido de carotenoides (Hernández *et al.*, 2024). El color naranja-amarillento que se le otorga a la flor de cempasúchil es debido a la zeaxantina que se encuentra dentro de esta (BM Editores, 2022).

La pigmentación se asocia con la salud y bienestar del ave, así como con la preferencia del mercado, particularmente en regiones donde el consumidor demanda tonalidades amarillas intensas en la pechuga y la piel (Delgado *et al.*, 2019). A diferencia de pigmentos sintéticos, el extracto de cempasúchil constituye una alternativa natural y segura, que se alinea con las demandas de los consumidores actuales por productos libres de aditivos artificiales (Castañeda-Gutiérrez *et al.*, 2017).

En este trabajo se utilizó un lote de 74 pollos machos Ross 308 de un día de edad, distribuidos al azar entre grupos experimentales y testigos. El estudio duró cinco semanas: las primeras dos con alimento natural y las siguientes tres con la adición de 80 ml de extracto de cempasúchil por cada 20 kg de alimento.

1.1 JUSTIFICACIÓN

El estudio del efecto del extracto de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en la pigmentación de la pechuga y los tarsos de pollos de engorda resultara relevante por varias razones lo cual nos permitiría, ofrecer un valor agregado al producto final al satisfacer la preferencia del consumidor, lo cual impactaría directamente en la comercialización y competitividad del sector.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia del extracto de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en la pigmentación de la pechuga y los tarsos de pollos de engorda, mediante su inclusión controlada en la dieta de las aves, para comprender si este aditivo natural mejora de manera efectiva la coloración y contribuye a una presentación más atractiva del producto final.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Comparar los tonos en la pigmentación de la pechuga de pollos de engorda alimentados con extracto de cempasúchil en comparación con los testigos.
- Comparar los tonos en la coloración en tarsos de pollos de engorda alimentados con extracto de cempasúchil en comparación con los testigos.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Producción mundial de la carne de pollo

La producción mundial de carne de pollo ha mostrado un crecimiento constante durante la última década, impulsado por su accesibilidad, versatilidad culinaria y costo relativamente bajo en comparación con otras carnes. Este comportamiento responde a un aumento sostenido de la demanda en países en desarrollo, donde el pollo se ha convertido en la principal fuente de proteína animal por su buen rendimiento productivo y por los avances en genética, nutrición y manejo que han permitido mejorar la eficiencia de los sistemas avícolas (Productos, E., y Volver, E. 2025).

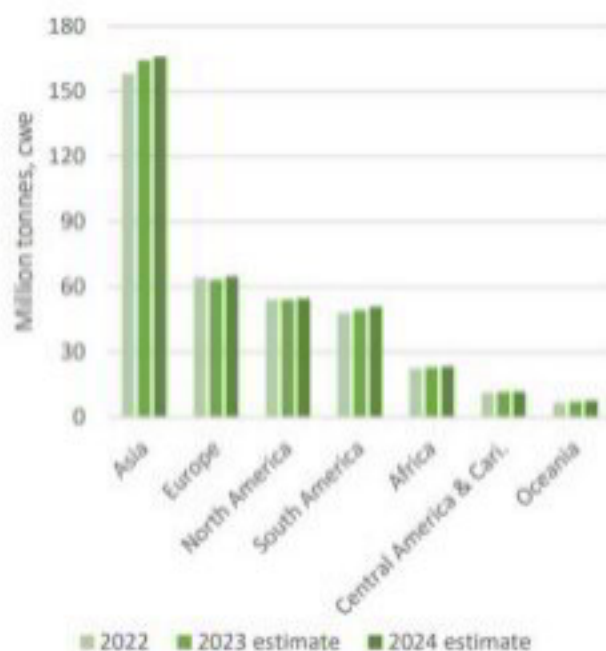


Figura 1. Producción mundial de carne por región. Fuente: FAO

En la actualidad, las regiones con mayor contribución a la producción global son América, Asia y Europa, las cuales concentran la mayoría de las exportaciones e importaciones de productos avícolas. Este dinamismo comercial refleja que el pollo continúa posicionándose como uno de los alimentos de mayor expansión internacional. (Productos, E., y Volver, E. 2025).

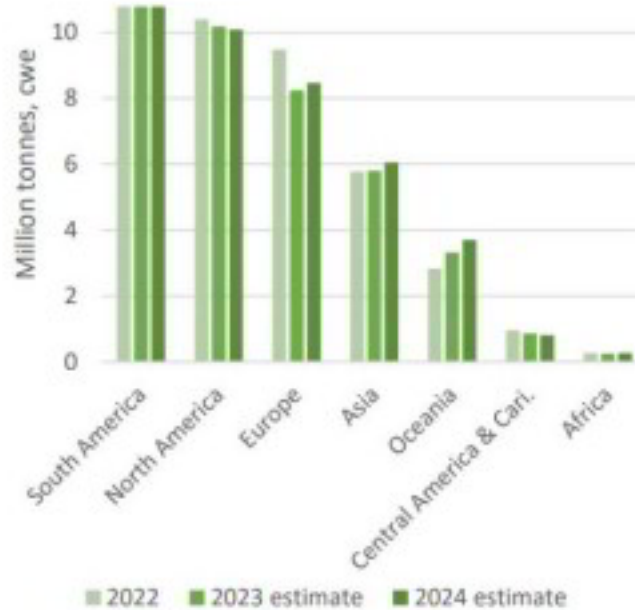


Figura 2. Comercio mundial de carne por región. Fuente: FAO

2.2 Consumo mundial de la carne de pollo

El consumo de carne de pollo se ha incrementado de manera significativa debido a factores económicos, nutricionales y culturales. La población mundial tiende a preferir esta carne por su menor contenido de grasa, su precio accesible y su facilidad para adaptarse a distintos estilos gastronómicos. Además, el crecimiento demográfico y la urbanización han impulsado una mayor disponibilidad de productos avícolas procesados, facilitando su adquisición.

En países como Estados Unidos, Brasil y China, el pollo constituye una parte esencial de la dieta diaria, mientras que en regiones como Medio Oriente y el Sudeste Asiático se observa una creciente demanda debido a cambios en los hábitos alimentarios y al aumento del ingreso per cápita. (Zarah Hamid, 2023).

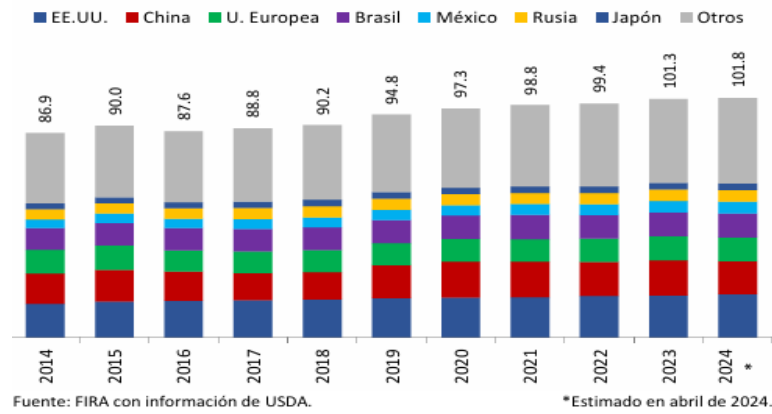


Figura 3. Consumo mundial de la carne de pollo por año

Los 5 países con mayor consumo de carne de pollo en 2020 fueron: México con un consumo de 4.46 millones de toneladas, Rusia con 4.48 millones de toneladas, Brasil con 9.61 millones de toneladas, China con 16.6 millones de toneladas y Estados Unidos con 16.9 millones de toneladas. (Zarah Hamid, 2023).

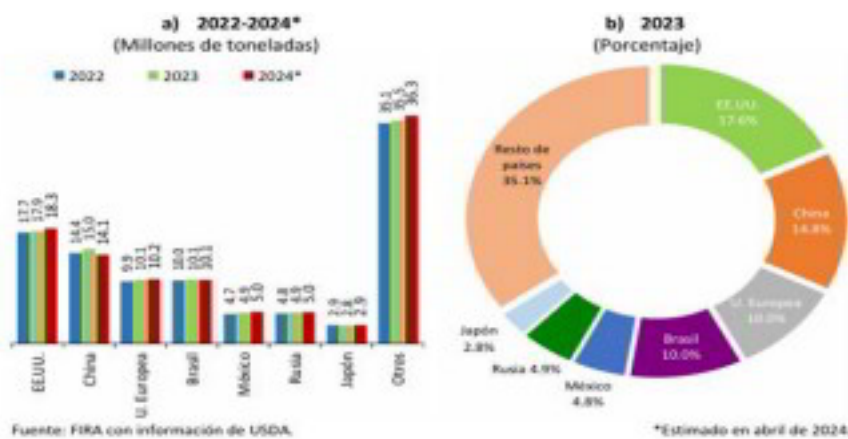


Figura 4. Principales países consumidores de carne de pollo

2.3 Crecimiento en la producción mundial de carne de pollo

El crecimiento de la producción de pollo se relaciona con mejoras en genética, programas sanitarios más estrictos, automatización de procesos y dietas formuladas para maximizar la eficiencia alimenticia. Estas innovaciones han permitido obtener aves con mayor velocidad de crecimiento y mejor conversión, lo que reduce costos y aumenta la disponibilidad de carne en los mercados internacionales. El sector avícola se ha consolidado, así como uno de los más competitivos dentro de la industria pecuaria. (Productos, E., y Volver, E. 2025).

2.4 Producción de la carne de pollo en México

Actualmente, México es el sexto productor de carne de pollo a nivel mundial y satisface cerca del 80% del consumo interno de este producto avícola.

A junio de 2023, SIAP reporta 1,6 MTM de producción de carne de pollo. La producción de pollo se extiende por todo México, y el 60% de la producción reportada en lo que va del año proviene de los estados de Veracruz, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro, Durango y Guanajuato. (Productos, E., y Volver, E. 2023).

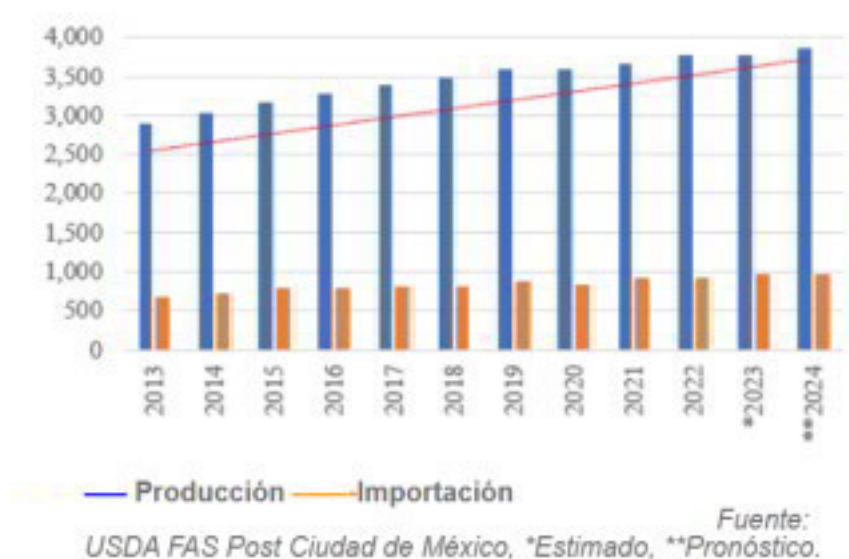


Figura 5. Producción de carne de pollo en México

2.5 Consumo de la carne de pollo en México

El consumo aparente de carne de pollo durante 2023 se estimó en 4.88 millones de toneladas. La producción interna contribuyó con el 79.6% de este volumen, mientras que el 20.4% restante se cubrió mediante importaciones. Para el año 2024, se estima un incremento del 5.9% en el consumo nacional, alcanzando un total aproximado de 5.17 millones de toneladas.

La carne de pollo representa el 48.1% del consumo total de carnes en el país, lo cual se explica por su accesibilidad económica en comparación con otros tipos de carne, como la de cerdo y res. Si bien la producción nacional ha mantenido una tendencia de crecimiento sostenido, la demanda continúa avanzando a un ritmo superior. En consecuencia, para satisfacer los requerimientos del mercado interno, las importaciones presentaron una tasa media de crecimiento anual del 3.8% entre 2019 y 2023, al pasar de 860 mil toneladas a 1 millón de toneladas (FIRA, 2024).

2.6 Características del pollo de engorda

Es el pollo en su fase inicial de vida, el cual es criado en granja y engordado. Su alimentación consta de vitaminas y proteínas que se le da o se denomina balanceado, para que al final del proceso tenga el mayor peso y finalmente se sacrifica (EcuRed ,2019)

- Los pollitos deben estar libre de malformaciones (patas torcidas, cuellos doblados o pico cruzados).
- Alcanza un peso óptimo de entre 2 y 3 kilos en solo 6 semanas de vida, lo que reduce los costes de producción y el impacto ambiental.
- Tiene una carne tierna, jugosa y con poca grasa, ideal para una alimentación sana y equilibrada
- Visualmente, casi siempre lucen plumas blancas

(AVIFASA, 2023).

2.7 Principales razas utilizadas de pollos de engorda

La diferenciación y selección de razas comenzó durante la Edad Media, tomando suma importancia en la alimentación la carne y los huevos que proporcionaban estas aves.

El mejoramiento genético prioriza mejores rendimientos, alta conversión alimenticia y excelente calidad de carne, textura, proteína, grasa o contenido de colesterol, ya que los pollos modernos son seleccionados por lo rápido que crecen y por satisfacer las demandas de los consumidores de carne blanca con menos grasa, llegando a producir más de la mitad del total de la carne magra blanca.

Dentro de los híbridos o estirpes mejoradas pueden mencionarse los pollos Ross 308, Cobb 500, Arbor Acres y Hubbard. (Agrotendencia, 2019)

2.7.1 Ross

La línea Ross 308 se caracteriza por su crecimiento rápido, buen rendimiento de canal y una conversión alimenticia eficiente. Es ampliamente utilizada debido a su capacidad para adaptarse a distintos sistemas de producción y por la uniformidad que presenta dentro de los lotes. Con un manejo adecuado, esta línea logra pesos elevados en poco tiempo, lo que la convierte en una de las más empleadas en la industria avícola. Características de la raza de pollo Ross 308

Si se respetan los principios de salud, esta raza presenta una alta tasa de conversión. Además, el porcentaje de problemas en las patas es menor que en la raza Cobb. El pollo de engorde Ross es la mejor opción para pollos de peso pesado (más de 2,5 kg). Las características de la raza Ross 308 son las siguientes:

- Alta tasa de conversión si se respetan los principios de salud
- Menor porcentaje de problemas en las patas que en la raza Cobb
- La mejor opción para pesos pesados (más de 2,5 kg)
- Excelente aumento de peso
- Bajo costo de producción con baja pérdida de carne en canal
- Piernas grandes y fuertes
- Excelente conversión alimenticia
- Grandes pechos blancos
- Alta tasa de supervivencia (Cifras notables de supervivencia)

Debido al buen crecimiento y al gran volumen de las pechugas de la gallina Ross 308, el pecho de esta raza está más inclinado hacia el suelo. Si no se proporciona una cama adecuada, se quemará y su comercialización se verá reducida. Además, esta raza es más propensa al estrés por calor que la raza Cobb. (Kaveh Jahan, 2024).



Figura 6. Raza de pollo Ross 308

2.7.2 Cobb 500

La línea Cobb 500 es reconocida por su eficiencia alimenticia y por su capacidad para desarrollarse con dietas de distintas densidades nutricionales. Se distingue por su

crecimiento uniforme y por su desempeño en programas de producción orientados a reducir costos sin comprometer el rendimiento productivo.

Es el pollo de engorde más eficiente, con la menor tasa de conversión alimenticia, la mejor tasa de crecimiento y la capacidad de crecer con dietas de baja densidad y bajo costo. En general, las características del Cobb 500 se pueden resumir de la siguiente manera:

- Uno de los pollos de engorde más eficientes del mundo
- Excelente aumento de peso para bajos costos de producción.
- Rendimiento superior en dietas de bajo costo
- Utilización más eficiente del alimento
- Excelente tasa de crecimiento
- Crecimiento uniforme de los pollos de engorde

(Kaveh Jahan, 2024)



Figura 7. Raza de pollo Cobb 500

2.7.3 Arbor Acres

El pollo Arbor Acres es una de las razas más utilizadas en la producción avícola a nivel mundial debido a su rápido crecimiento, eficiencia alimenticia y excelente calidad de carne. Es ampliamente criado en Guatemala y en otros países con alta demanda de carne de pollo.

Arbor Acres fue desarrollado por la empresa Aviagen, líder en genética avícola, su genética ha sido mejorada constantemente para maximizar el rendimiento en la producción de carne, se distribuye globalmente y es reconocido por su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y sistemas de producción.

Características del Pollo Arbor Acres

- Crecimiento rápido: Puede alcanzar el peso de mercado (2.5 – 3 kg) en 35-42 días con una alimentación adecuada.
- Alta eficiencia alimenticia: Excelente conversión de alimento en carne, lo que reduce los costos de producción.
- Cuerpo ancho y musculoso, especialmente en la pechuga y los muslos.
- Plumaje blanco, lo que facilita el procesamiento en mataderos.
- Patas fuertes que soportan su rápido desarrollo de masa muscular.
- Alto rendimiento en carne, con un buen balance entre pechuga, muslos y alas.
- Buena calidad de carne con bajo contenido de grasa.
- Baja mortalidad en condiciones óptimas de manejo.

Ventajas del Pollo Arbor Acres

- Alta eficiencia en la producción de carne con bajo costo.
- Adaptabilidad a diferentes climas y condiciones de crianza.
- Buena resistencia a enfermedades.
- Carne de alta calidad con buen rendimiento en mataderos.

(Distriavícola, 2025)



Figura 8. Raza de pollo Arbor Acres

2.7.4 Hubbard

La línea Hubbard se caracteriza por su rusticidad y su capacidad para adaptarse a distintos sistemas de manejo, incluso aquellos menos tecnificados. Presenta un crecimiento sólido y buen rendimiento, lo que la hace apropiada en regiones donde se buscan aves resistentes y con buena conversión alimenticia.

Las gallinas Hubbard se utilizan ampliamente en la industria cárnica debido a su rápido crecimiento y gran tamaño. Además, tienen fama de ser dóciles y amigables, lo que las hace ideales para pequeñas bandadas en el patio trasero. Existe evidencia de que esta raza es más resistente a las enfermedades que otras y que puede prosperar en condiciones de pastoreo en libertad, los pollos Hubbard tienen una alta tasa de conversión de alimento a carne, lo que significa que convierten su alimento en carne de manera eficiente

- Características y tasas de crecimiento de Hubbard

Las gallinas Hubbard varían en tamaño, de medianas a grandes, y se caracterizan por un cuerpo redondo y regordete, alas anchas y una cola larga y abundante. Su cresta y barbas son rojas, y sus plumas suelen ser blancas o marrones, aunque también pueden presentarse en otros colores.

El peso promedio de un pollo de engorde es de tan solo 55 a 70 gramos. Estos pollos se crían en libertad en granjas avícolas industriales. Suelen ganar un promedio de 1.8 a 4.5 kg de peso al alcanzar la madurez. Aunque no son excelentes ponedoras, una gallina

Hubbard puede producir 200 huevos al año. Las gallinas Hubbard alcanzan su máximo potencial de crecimiento entre las siete y las catorce semanas de edad (Pansegrouw Natasha, 2023).



Figura 9. Raza de pollo Hubbard

2.8 Alimentación de los pollos de engorda

La alimentación es uno de los factores esenciales para obtener buenos resultados productivos. Las dietas están diseñadas de acuerdo con las etapas de crecimiento del pollo, iniciando con alimentos altamente digeribles para favorecer el desarrollo temprano del sistema digestivo, y continuando con raciones que proporcionan energía, proteína, vitaminas y minerales en cantidades adecuadas.

La calidad de los ingredientes, la frescura del alimento y la correcta formulación influyen de manera directa en el crecimiento, la salud y la uniformidad del lote. Asimismo, el suministro continuo de agua limpia y en la temperatura adecuada asegura un consumo eficiente del alimento.

La primera etapa de alimentación, conocida como pre-inicial, abarca desde el nacimiento hasta aproximadamente los 10 días de edad. Durante este periodo, los pollos reciben una dieta de iniciación especialmente formulada para estimular su desarrollo temprano, favorecer la absorción de nutrientes esenciales y garantizar una base sólida para el crecimiento subsecuente (Dubraska, 2023).

La segunda etapa llamada iniciación comprende entre el día 11 al día 22 de edad, la cual corresponde a la etapa en la que el esqueleto presenta su mayor velocidad de crecimiento y en la que el proceso de mineralización ósea se desarrolla con mayor intensidad. Durante este periodo se consolida la estructura corporal que posteriormente dará soporte al desarrollo muscular, y se completa la maduración del sistema termorregulador del pollito, así como el grado de cobertura del plumaje (Solla Nutrición Animal, 2022).

La tercera etapa corresponde a la fase de engorde, que abarca aproximadamente del día 23 al 35. Los pollos de engorda presentan un incremento acelerado en el desarrollo muscular, especialmente en pechuga y muslos, acompañado de una mayor demanda energética para sostener la síntesis proteica. En este periodo, la dieta debe ofrecer un balance adecuado entre energía metabolizable, aminoácidos esenciales particularmente lisina y metionina y minerales que favorezcan tanto el crecimiento estructural como la eficiencia alimenticia (AVIAGEN, 2019)

Finalmente, la cuarta etapa es la fase finalizadora, que se extiende desde el día 36 hasta el momento de salida al mercado. los pollos de engorda orientan su metabolismo principalmente hacia la ganancia de peso y la acumulación de grasa. El propósito de esta etapa es optimizar el crecimiento sin comprometer la eficiencia en la conversión alimenticia. Al concluir el periodo de finalización, los animales suelen alcanzar un peso corporal aproximado de 2 a 3 kg, dependiendo de factores como la línea genética, las condiciones de manejo y el sistema de producción (Dubraska, 2023).

2.8.1 Calidad de los ingredientes

Los pollitos de engorde, al nacer, provienen de una condición fisiológica y metabólica distinta a la fase embrionaria, lo que los hace altamente dependientes de factores ambientales y nutricionales para adaptarse a su nuevo entorno. La eficiencia en la alimentación durante los primeros días de vida es crítica, ya que dietas que no contienen ingredientes de alta digestibilidad pueden generar retrasos en el crecimiento y provocar des uniformidades en los lotes. En este sentido, conocer la calidad de los ingredientes utilizados en la dieta inicial constituye un paso fundamental para asegurar su eficacia, dado que una formulación teóricamente correcta carece de valor si el

alimento proporcionado a los pollitos no cumple con los estándares de calidad requeridos (Productos Eventos, E., & Penz Junior, M, 2024)

Por lo tanto, los ingredientes con mayor disponibilidad y digestibilidad en América son:

Δ Maíz

Silva *et al.* (2008) mostraron que maíces más densos tienen más energía que los menos densos, tanto para animales más jóvenes como para los más viejos. Los maíces más densos tienen menos presencia de micotoxinas (aflatoxinas, fumonisinas, etc). Los maíces más densos tienen más energía y menos micotoxinas

Δ Harina de soja

Cuanto más elevado el nivel de proteína cruda, menor es el nivel de fibra cruda y mejor es el desempeño de los pollos en los primeros días de vida (Gerber *et al.*, 2006).

Cuando la harina de soja es de mala calidad, el principal síntoma en la primera semana es la presencia de cloaca sucia, que se presenta porque se reduce la digestibilidad de los ingredientes, proporcionando un aumento de la velocidad de pasaje por el tracto digestivo -aumento del peristaltismo-. Además, favorece el recambio de las células intestinales y altera la composición microbiana del tracto digestivo

Δ Agua

El agua puede ser considerada como ingrediente o nutriente. Su aumento de consumo promueve, de forma lineal, el consumo de alimento que, a su vez, promueve la ganancia de peso (Viola, Penz y Ribeiro, 2005).

Todos los cuidados con la cantidad, la calidad y la temperatura del agua son fundamentales para el buen desempeño de los pollitos en la primera y demás semanas de vida de las aves.

Δ Proteína y aminoácidos

La proteína y los aminoácidos son componentes nutricionales fundamentales en esta fase de vida de los pollitos. *Wijten et al. (2012)*, comparando dietas conteniendo proteínas de alta digestibilidad (harina de pescado, proteína de patata y gluten de maíz) con dietas a base de harina de soja, observaron mejores ganancias para los pollos que recibieran la dieta de alta digestibilidad. Esta diferencia se mostró más efectiva en los primeros 4 y 7 días de edad.

Fernandes et al. (2009) ya habían demostrado que el aumento de lisina de las dietas proporcionaba un aumento en los pesos de la pechuga y del filete de pechuga; además de un aumento en el grosor del filete de pechuga, en pollos con 7 días.

Tesseraud et al (2011) identificaron que la metionina tiene una especial función en la primera semana de vida de los pollos de engorde que es la estimulación de la actividad génica de las aves.

Δ Minerales

La relación entre calcio y fósforo disponible en la dieta de la primera semana es muy importante. Deben respetar los niveles mínimos de cada uno de los minerales, se demostró que la relación ideal está cerca de 2:1 en los períodos de 1 a 3 días y 1 a 17 días de edad.

En la primera semana, si el nivel de calcio aumenta por encima del 1%, manteniendo la relación de 2:1 con el fósforo disponible. Los resultados de ganancia de peso disminuyen.

El sodio es un mineral importante en esta fase de producción. *Stevens et al (1984)* demostraron que la absorción de glucosa y metionina después de la eclosión puede estar relacionada con una deficiencia de sodio, mineral hace parte del mecanismo de transporte de carbohidratos y aminoácidos.

Deficiencias marginales de sodio en la primera semana vienen acompañadas por pérdida de peso, aumento de conversión alimenticia y des uniformidad del lote.

2.9 Sistema digestivo de los pollos de engorda

El sistema digestivo del pollo está formado por órganos especializados que permiten procesar el alimento con rapidez y eficiencia. Este proceso inicia en el pico, donde el alimento es capturado y mezclado con saliva. Posteriormente pasa al buche, donde se almacena temporalmente antes de ingresar al proventrículo y la molleja, órganos en los que ocurre la digestión química y mecánica.

El intestino delgado es responsable de la mayor parte de la absorción de nutrientes, mientras que el intestino grueso participa principalmente en la reabsorción de agua. La presencia de una microflora equilibrada es fundamental para el bienestar digestivo, ya que contribuye a la protección contra patógenos y a un mejor aprovechamiento del alimento. (Puga Fernando, 2020)

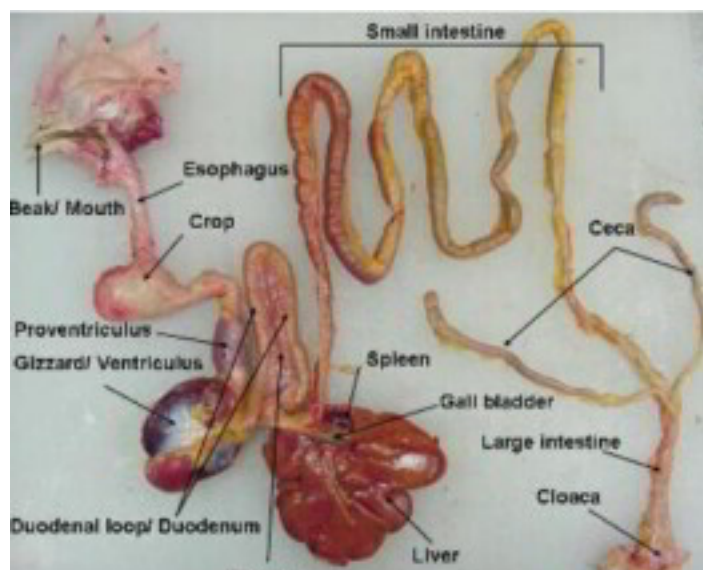


Figura 10. Tracto digestivo de un pollo

2.9.1 Pico/Boca

El pico de las aves es el equivalente de la boca de los mamíferos. Es de estructura cornea y consta de dos mandíbulas implantadas en los huesos maxilares del rostro del ave. Por carecer de dientes, el pico no tiene la función de masticar los alimentos, sino de la apretarlos y deglutirlos. Para lograrlo se ayuda con la lengua la que posee en su parte

posterior, también el pico posee en su interior glándulas salivares que lubrican los alimentos y facilitan su deglución. A esto se le suma un movimiento que efectúa el ave que consiste en levantar la cabeza y sacudirla hacia adelante y arriba, provocando de esta manera la caída del alimento al esófago (Adam, 1968).

2.9.2 Esófago

El esófago es un conducto muscular que se extiende desde la faringe hasta el cardias del estómago. A lo largo de su trayecto, presenta movimientos peristálticos que permiten impulsar el bolo alimenticio hacia los órganos digestivos posteriores, garantizando así el avance continuo y adecuado del alimento dentro del tracto gastrointestinal (Jiménez *et al.* 2024).

2.9.3 Buche

El buche es una protuberancia del esófago y se encuentra justo fuera de la cavidad corporal, en la región del cuello. El alimento y el agua ingeridos se almacenan en el buche hasta que pasan al resto del tracto digestivo. Cuando el buche está vacío o casi vacío, envía señales de hambre al cerebro para que el pollo coma más.

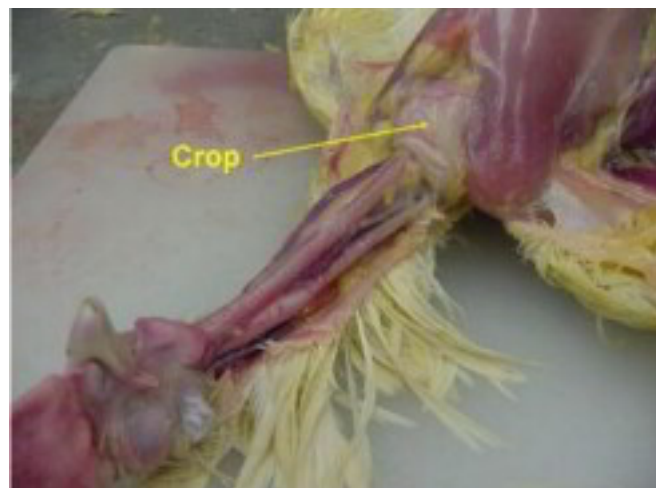


Figura 11. Ubicación del buche en una gallina hembra

Esta estructura permite que las aves consuman grandes cantidades de alimento de manera rápida, almacenándolo temporalmente para su posterior digestión en un lugar más seguro, lo que constituye una ventaja evolutiva frente a posibles depredadores (Puga Fernando, 2020)

2.9.4 Proventrículo

El proventrículo (también conocido como estómago verdadero) es el estómago glandular donde comienza principalmente la digestión. Una vez que el alimento alcanza el extremo del esófago, ingresa al proventrículo, el cual se caracteriza por poseer una mucosa glandular altamente desarrollada. En esta región se producen y secretan ácido clorhídrico y pepsinógeno, precursor de la enzima pepsina. Gracias a la acción del ácido, el contenido alimenticio reduce su pH hasta un nivel que permite la activación del pepsinógeno en pepsina, enzima responsable de iniciar la hidrólisis de las proteínas (Jacquie Jacob. 2020)



Figura 12. Dos vistas del proventrículo y la molleja del tracto digestivo de un pollo

2.9.5 Ventrículo (Molleja)

La molleja desempeña múltiples funciones esenciales dentro del proceso digestivo de las aves. Entre sus roles principales se encuentran la reducción mecánica del tamaño de las partículas alimenticias, la facilitación de la degradación química de los nutrientes y la regulación del tránsito del alimento hacia las siguientes secciones del tracto digestivo. Este órgano muestra una notable capacidad de adaptación, respondiendo de manera rápida a los cambios en la granulometría de la dieta. Diversos estudios han demostrado que la estimulación adecuada de la molleja mediante la inclusión de componentes estructurales mejora la disponibilidad de nutrientes y favorece una digestión más eficiente (Svihus, B, 2011).



Figura 13. Interior de una molleja de pollo con el revestimiento interno removido

2.9.6 Intestino delgado

El intestino delgado es la principal zona de digestión química y absorción de nutrientes en los pollos de engorda. Está constituido por el duodeno, yeyuno e íleon, y en conjunto alberga la mayor actividad enzimática del tracto gastrointestinal. En el duodeno se mezclan las secreciones pancreáticas y biliares, esenciales para la hidrólisis de proteínas, grasas y carbohidratos. Posteriormente, en el yeyuno e íleon ocurre la absorción eficiente de aminoácidos, ácidos grasos, monosacáridos, vitaminas y minerales gracias a la amplia superficie proporcionada por las vellosidades y microvellosidades intestinales. Un adecuado desarrollo del intestino delgado incluyendo su integridad epitelial y la actividad enzimática es fundamental para sostener el rápido crecimiento característico de los pollos de engorda, ya que determina la eficiencia con la que los nutrientes de la dieta se utilizan para generar tejido muscular. Además, el intestino delgado desempeña un papel importante en la regulación inmunológica, al actuar como una barrera física y funcional frente a patógenos. La interacción entre dieta, microbiota intestinal y salud epitelial influye directamente en el rendimiento productivo, conversión alimenticia y bienestar general del ave (Clavijo, V., & Flórez, M. J. V, 2018).



Figura 14. Ubicación del divertículo de Meckel en el tracto digestivo de un pollo

2.9.7 Ciegos

Los ciegos (plural de *ciego*) son dos bolsas ciegas ubicadas en la unión del intestino delgado y grueso. Diversos estudios sugieren que intervienen en el mantenimiento de la salud intestinal, en la fermentación de nutrientes que no fueron digeridos previamente, en el reciclaje del nitrógeno proveniente de la orina y en la modulación del microbiota intestinal. Debido a sus características anatómicas y fisiológicas, únicamente las partículas finas o solubles del alimento, junto con parte de la orina y de los fluidos digestivos, logran ingresar y permanecer en esta estructura. Dentro de los ciegos, el agua y las sales son reabsorbidas, mientras que el ácido úrico y ciertos carbohidratos son fermentados por una microflora abundante, dando lugar a la producción de amoníaco y ácidos grasos volátiles (Svihus *et al*, 2013).

2.9.8 Intestino grueso (colon)

A pesar de su nombre, el intestino grueso es en realidad más corto que el delgado. En el intestino grueso es donde se produce la última reabsorción de agua (Puga Fernando, 2020)

2.9.9 Cloaca

En la cloaca confluyen los desechos provenientes tanto del sistema digestivo como del sistema urinario, donde se mezclan las heces con los uratos. Debido a que las aves no poseen un proceso de micción separada, la excreción ocurre de manera conjunta, observándose en las heces una capa blanquecina y pastosa correspondiente al ácido úrico, que constituye la forma aviar de la orina. El color, consistencia y características generales

de estas excretas pueden ofrecer información importante sobre el estado de salud del tracto gastrointestinal del ave.

Asimismo, el tracto reproductivo desemboca en esta misma región. En las gallinas, durante la postura, la vagina se pliega de manera temporal para permitir el paso del huevo a través de la abertura cloacal sin que este entre en contacto directo con las heces o los uratos, lo cual evita la contaminación del cascarón y protege la integridad del embrión en caso de huevos fértiles (Jacquie Jacob, 2020).

2.9.9.1 Microbiota intestinal

El tracto gastrointestinal (TGI) de los polluelos recién nacidos no es estéril, ya que, desde antes de la eclosión, comienza a establecerse un microbiota inicial a través de distintas vías. Parte de este microbiota se transfiere desde la madre en el oviducto y otra proviene del ambiente, que ingresa al interior del huevo mediante los poros de la cáscara (Roto et al., 2016). Durante la formación del huevo, la gallina puede transmitir géneros bacterianos como *Lactobacillus*, *Clostridium* y *Propionibacterium*. Además, los embriones pueden incorporar microorganismos al ingerir el líquido amniótico, aun bajo condiciones comerciales de incubación (Abad-Guamán et al., 2017).

En las aves comerciales recién nacidas, la colonización intestinal inicial suele ser menos diversa que en aves de sistemas alternativos, lo cual resulta relevante porque diversos estudios han señalado que una microbiota más amplia y diversa se asocia con un mejor estado de salud tanto en animales como en humanos (Casarin et al. 2024).

2.10 Pigmentos naturales utilizados para la coloración de tarsos y pechuga

Entre las materias primas naturales más utilizadas para la pigmentación se encuentran el maíz amarillo, el gluten de maíz y la harina de alfalfa. Además, se emplean extractos de pétalos de flores de la familia Compositae, como la caléndula y el Tagetes (cempasúchil), para obtener tonos amarillos, así como fuentes naturales concentradas de xantofilas rojas derivadas del chile o paprika. También se utilizan pigmentos sintéticos, como el apoester, que proporciona color amarillo, y la cantaxantina, responsable de tonos rojizos cuando se incorpora a la dieta (Italcol, 2019).

En condiciones normales, los carotenoides presentes en la dieta se absorben en el intestino delgado del pollo, son transportados por la sangre y depositados en tejidos específicos,

incluyendo la piel subcutánea, el tejido adiposo y los tarsos, almacenándose de manera gradual hasta alcanzar niveles de saturación. La eficiencia de la pigmentación depende, por tanto, tanto de la capacidad de absorción intestinal como de la afinidad particular de cada carotenoide por determinados tejidos, lo que determina la intensidad y uniformidad del color observado (Italcol, 2019).

2.10.1 ¿Qué son los carotenoides?

Son pigmentos naturales que se pueden encontrar en frutas, vegetales, granos, en algunos hongos y en algas. Actualmente se han identificado más de 600 diferentes tipos entre os distintos grupos, dentro de esta clasificación se encuentran las xantofilas, las cuales poseen oxígeno y los carotenos que estos no poseen oxígeno.



Figura 15. Ejemplo de donde se pueden encontrar los carotenoides

Alfa y betacarotenos: Son precursores de la vitamina A y tienen función antioxidante.

Xantofilas: Poseen una función importante en la pigmentación ellos son: Luteína, Zeaxantina y Cantaxantina, siendo estas las de mayor relevancia en la industria Avícola. Las xantofilas se encuentran en el maíz y subproductos como el gluten de maíz, en flores como calabaza y Flor de cempasúchil o marygold (*Tagetes erecta*).

(Solla Nutrición Animal, 2022).

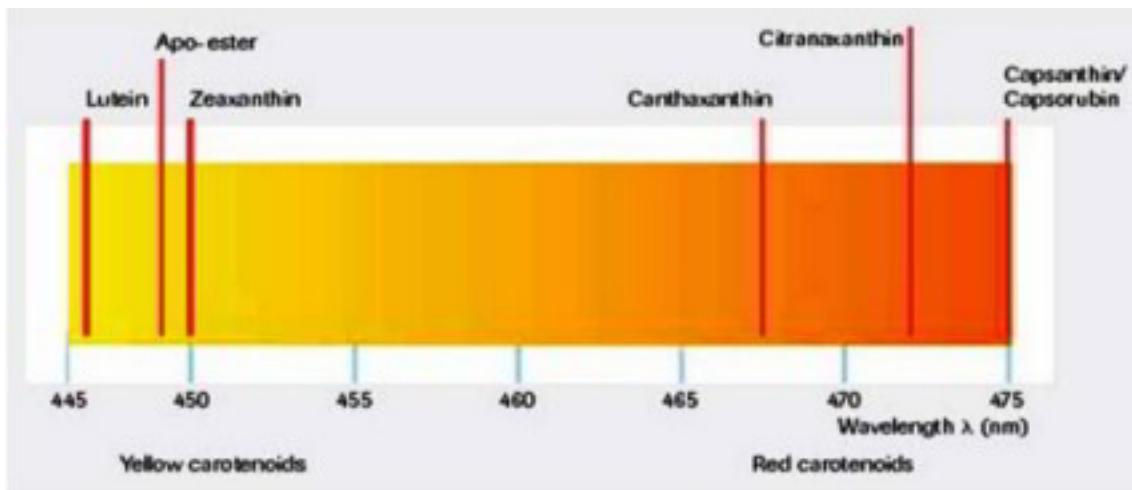


Figura 16. Escala de colorimetría de los carotenoides amarillos y carotenoides rojos

2.10.2 Flor de cempasúchil como colorante natural

En el caso de los carotenoides luteína y zeaxantina, su producción comercial se realiza a partir de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*), que se somete inicialmente a un proceso de deshidratación, seguido de la extracción de los pigmentos mediante solventes orgánicos, como el éter, y finalmente a una hidrólisis alcalina conocida como saponificación. Debido a esta procedencia, los carotenoides derivados de la flor se denominan comúnmente pigmentos de tagetes. La composición de las xantofilas en estos extractos comerciales consiste aproximadamente en un 80 a 90 % de luteína, 5 % de zeaxantina y entre 5 y 15 % de otros carotenoides como violoxantina, criptoxantina y β -caroteno, los cuales no contribuyen significativamente a la pigmentación en aves colorimetría por reflectancia, permitiendo medir de manera objetiva la intensidad del color (Peña *et al.* 2004).

El nivel de xantofilas requerido en la ración para lograr una pigmentación óptima puede variar según la intensidad de coloración deseada por el mercado objetivo. Ávila sugiere que una suplementación de 40 a 80 ppm de xantofilas provenientes de extractos de flor de cempasúchil durante las últimas cuatro semanas de engorde es suficiente para obtener una coloración amarilla adecuada de la piel. Esta pigmentación se evalúa mediante instrumentos estandarizados, como el abanico de Roche® o técnicas de colorimetría por reflectancia, permitiendo medir de manera objetiva la intensidad del color (Peña *et al.* 2004).

2.10.3 ¿Por qué utilizar la flor de cempasúchil?

El uso de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) como fuente de pigmentación en la dieta de pollos de engorde se justifica por la necesidad de mejorar la coloración de la piel, los tarsos y la carne, especialmente la pechuga, atributos que poseen una alta valoración en el mercado avícola. La intensidad y uniformidad del color amarillo son percibidas por los consumidores como indicadores de frescura, calidad y sanidad del producto, lo que convierte a la pigmentación en un factor crítico para la aceptación del pollo y, en consecuencia, para la determinación de su precio comercial. Esta relación entre la apariencia del producto y las preferencias del consumidor resalta la importancia de la inclusión de pigmentos naturales en las dietas, no solo como un elemento estético, sino también como un componente estratégico dentro de la producción avícola orientada al mercado (Soto-Salanova, 2016).

La flor de cempasúchil es rica en carotenoides naturales, en especial luteína y zeaxantina, los cuales se depositan en los tejidos del ave, otorgando una tonalidad más atractiva tanto en la piel como en la musculatura. En la pechuga, estos pigmentos contribuyen a una coloración más intensa que mejora su presentación al consumidor, mientras que en los tarsos brindan uniformidad cromática, un aspecto que también influye en la decisión de compra (Delgado *et al.*, 2018).

Asimismo, sus compuestos poseen actividad antioxidante, favoreciendo la salud de las aves y contribuyendo a la conservación de la carne al reducir la oxidación lipídica.

En este sentido, la utilización de cempasúchil no solo satisface la demanda de productos avícolas con mejor apariencia, sino que también aporta beneficios adicionales relacionados con la calidad nutricional y la seguridad alimentaria, justificando su incorporación en las dietas de pollos de engorda para optimizar tanto el rendimiento productivo como la aceptación en el mercado (Calvo *et al.*, 2020).

2.10.4 Beneficios de la flor de cempasúchil como pigmento en pollos de engorda

La utilización de extracto de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en la alimentación de pollos de engorda se ha consolidado como una estrategia efectiva para mejorar la coloración de piel, tarsos y carne. Este efecto se debe a su alto contenido de carotenoides, principalmente luteína y zeaxantina, pigmentos naturales con propiedades biológicas de gran importancia.

En primer lugar, los carotenoides aportados por el cempasúchil mejoran la pigmentación cutánea y muscular, logrando tonalidades amarillas y anaranjadas que incrementan la aceptación del producto en el mercado (Delgado *et al.*, 2018).

Los consumidores suelen asociar este color con mayor frescura y calidad, lo que repercute positivamente en la preferencia de compra y en el valor comercial del ave.

Otro beneficio destacado es que constituye una alternativa natural a colorantes sintéticos como la cantaxantina o la apoéster, reduciendo el uso de aditivos artificiales en la dieta de los pollos (Soto-Salanova, 2016).

Los carotenoides del cempasúchil poseen un importante papel como antioxidantes, contribuyendo a disminuir el estrés oxidativo en las aves y mejorando la estabilidad de la carne al retrasar la oxidación lipídica (Calvo *et al.*, 2020).

2.10.5 Factores que influyen en la pigmentación

Las variaciones en la pigmentación pueden afectarse durante la cría y el procesamiento de la canal y estar influenciada por:

- ~ Raza: Las distintas cruas genéticas que se han desarrollado pueden contribuir a que ciertas parvadas no pigmenten al grado deseable.
- ~ Manejo: Altas densidades generan competencia por consumo de alimento y agua, además favorece el deterioro de camas con una alta concentración de humedad y como consecuencia incremento en la producción de amoníaco.
- ~ Alimentación: Es importante evaluar el tipo y calidad de la grasa incluida en el alimento. Las xantofilas son lipofílicas y por lo tanto dependen del tipo y calidad de la grasa para una óptima absorción y fijación en la epidermis. Las grasas con mayor proporción de ácidos grasos polinsaturados como el aceite de soya se absorben mejor y mucho más rápido que aquellas fuentes que poseen mayor proporción de ácidos saturados como sebo animal e incluso aceite de palma. Adicional el estado de la grasa, en la medida que una grasa esté presentando un proceso de oxidación los componentes lipofílicos como las vitaminas liposolubles y carotenoides también se oxidan disminuyendo su potencial pigmentante.

La reducción en el tiempo de consumo a causa de restricciones severas de alimento o ayunos no programados tendrá un impacto inmediato en la pigmentación. Las aves que no consumen xantofilas tardan 6 días en perder el

50% del pigmento almacenado, mientras que para recuperar el nivel de pigmentación necesitan 15 días.

- ~ Condiciones sanitarias: cualquier patología que afecte el tracto gastro intestinal como enteritis, coccidiosis subclínica; enfermedades respiratorias, micotoxinas, alérgenos que favorecen el tránsito rápido del alimento en el intestino, todas disminuyen la asimilación de xantofilas por parte de las aves.
- ~ Mezcla de xantofilas: las aves no sintetizan ninguna de las xantofilas, solo son capaces de transformarlas en otros metabolitos incluyendo la vitamina A (Cantaxantina, Zeaxantina y betacaroteno), por tal razón la xantofila amarilla (Luteína), anaranjadas (Zeaxantina y apoester), rojas (Cantaxantina) condicionarán el color final.

(Solla Nutrición Animal, 2022).

2.11 Métodos para evaluar la pigmentación

La pigmentación puede evaluarse mediante métodos visuales o mediante equipos especializados. Los abanicos colorimétricos, como el abanico Roche, permiten comparar los tonos obtenidos con una escala estándar. Por otra parte, los equipos de colorimetría de reflectancia proporcionan mediciones objetivas basadas en la luz reflejada por la piel o los tejidos del ave, lo que ofrece datos precisos y reproducibles sobre la intensidad del color. Prueba Rank para canales de pollo: esta prueba se basa en la comparación de canales de pollo entre sí (de mayor a menor pigmentación)

1. Abanicos y escalas colorimétricas: Hace referencia a estándares de colores que van de menos a mayor pigmentación en forma de abanico o regla, entre estos se encuentran:
 - a) Abanico ROCHE (RFC)
 - b) Abanico Basf (ovocolor)
 - c) Abanico Prodemex para yema
 - d) Abanico Prodemex para pollo
 - e) Escala Hoechst para pollo



Figura 17. Abanico ROCHE (RFC) Fuente: Zucami

2. Reflectancia:

La colorimetría de reflectancia constituye una metodología objetiva para la medición cuantitativa del color, este método se basa en la medición matemática de la reflexión de un haz de luz de intensidad conocida, el cual incide sobre la superficie del objeto evaluado. El fotocolorímetro empleado descompone la luz reflejada en tres dimensiones cromáticas: rojos, amarillos y luminosidad, asignando valores numéricos independientes que eliminan la subjetividad de la apreciación visual humana

El principio fundamental de esta técnica radica en la emisión de un haz de luz sobre la superficie del objeto; el color reflejado es posteriormente captado por fotoceldas sensibles, que actúan de manera similar a la retina del ojo humano. De esta forma, el instrumento detecta los valores de color reflejado y los traduce en datos numéricos que pueden ser analizados de manera precisa y reproducible (BM Editores, 2018).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en la granja avícola UAAAN de la Universidad autónoma Agraria Antonio Narro, se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.

3.2 Metodología

Para realizar este experimento se utilizaron 74 pollos machos de un día de nacidos con un peso promedio de 43 gramos de la raza Ross 308.



Figura 18. Recibida y pesaje de los pollos

Una semana antes de la llegada de los pollos se desinfecto la granja para la recepción de los pollitos, para la desinfección se utilizó agua con jabón y cal, para recibir se instaló un túnel de nilón negro y un redondel con un diámetro de 3 metros para la retención del calor y protegerlos del aire , dentro del túnel se instaló una criadora con una capacidad de 1,000 pollos, ya que es importante mantener la temperatura para evitar enfermedades o mortandad por bajas temperaturas, cabe resaltar que en todo momento se estuvo monitoreando la temperatura ambiental que no excediera los 31°C o 32°C, además se instalaron comederos y bebederos, con una capacidad de 4 litros y los comederos de 10 kg, los bebederos y comederos se limpiaban y rellenaban diariamente.

Para recibir al pollito 2 horas antes se prendió la criadora para mantener una temperatura media entre 28°C a 32°C, a las 4:00 p.m. del jueves 30 de enero de 2025 de la incubadora ubicada en Huinalá, Ciudad Apodaca, Nuevo León, ya venían vacunados y sexados, posteriormente se depositaron en el túnel donde se dejaron atemperar por el estrés del traslado, una hora posterior a la llegada se comenzó a pesar cada uno de los pollitos para después ser colocados dentro de la criadora, utilizando una criadora de metal y colocados los pollitos uniformemente,



Figura 19. Criadora para pollos

Suministrando agua y alimento de iniciación de la marca Baby chicken con un contenido de proteína cruda del 18%, ofreciéndose alimento a libre acceso, las temperaturas fueron tomadas todos los días, velando los primeros 2 días ya que eran los más críticos, evitando de igual manera muertes por asfixia, inspeccionando el pollito todos los días (mañana y tarde) con la finalidad de mantenerlo en óptimas condiciones.



Figura 20. Alimento “Baby Chicken”

Semana 2

Armando 2 corrales con las dimensiones de 1.30 metros de largo por 1.20 metro de ancho con una altura de 1.10 metros, para la cama se empleó viruta con un espesor de 3 centímetros. Colocando 37 pollos en cada corral, utilizando 2 comederos con capacidad de 10 kg cada uno, 2 bebederos de inicio con capacidad de 4 litros por cada corral y 2

charolas de inicio y para su adaptación se instalaron bebederos y comederos automáticos, ofreciendo alimento de la marca agromix de 25 kg.



Figura 21. Alimento “Agromix” y armado de corrales

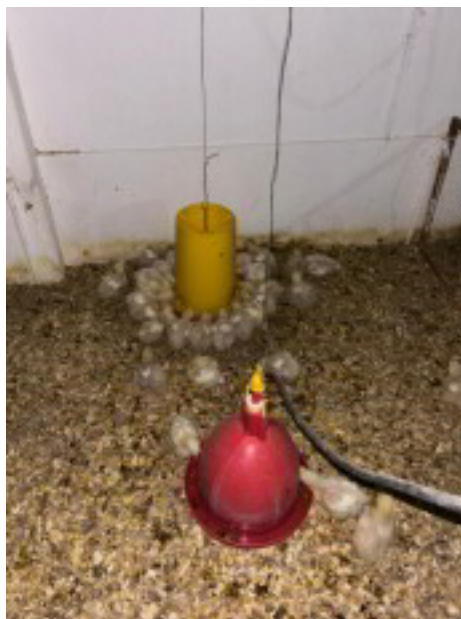


Figura 22. Comederos y bebederos automáticos

Semana 3

Separados los 2 grupos de 37 pollitos, dividiendo el primer grupo como testigos, el cual se suministró alimento sin aditivo, el segundo grupo tuvo su alimentación con pigmento a base de xantofilas (Luteína y Zeaxantina) para la suplementación se añadió 80 ml en 20 kg de alimento.

Para la mezcla del alimento con el extracto se utilizó una revolvedora manual.



Figura 23. Alimento “Pollo oro” en una presentación de 20 kg en forma de pellet



Figura 24. Presentación del pigmento marca “IOSA” con presentación de 15 kg en forma líquida,



Figura 25. Preparación del alimento (revolvedora)

Durante el periodo de la tercera semana se presentó síndrome ascítico, con la baja de un total de 14 pollitos, 4 pollitos del corral con pigmento y 10 pollitos del corral testigo

El síndrome ascítico es una acumulación de líquido en la cavidad abdominal causada principalmente por insuficiencia cardiopulmonar. Se presenta cuando los pollos no pueden suministrar suficiente oxígeno a su organismo, lo que obliga al corazón a trabajar en exceso y provoca hipertensión pulmonar y retención de líquidos. Para evitarlo se recomienda una buena ventilación, evitar temperaturas frías y evitando el estrés. (Julián, R. J. 2000).



Figura 26. Pollo con síndrome ascítico

Sacrificando 1 pollo del corral de los testigo y 1 pollo del corral con alimento con pigmento para la toma de datos en tarsos y pechuga (**separar/espaciar las imágenes**)



Figura 27. Lectura con el colorímetro Roche del pollo testigo



Figura 28. Lectura con el colorímetro Roche de pollo con alimento pigmentado

Semana 4

Se registró una mortalidad total de seis pollitos por síndrome ascítico. Asimismo, para la toma de datos se procedió al sacrificio de un pollo por corral testigo y otro por corral experimental, con el fin de evaluar la efectividad de la pigmentación



Figura 29. Tarso y pechuga de pollo testigo



Figura 30. Tarso y pechuga de pollo con extracto

En esta semana, las lecturas obtenidas para la pigmentación de la pechuga mostraron un valor uniforme de 2 en ambos tratamientos, lo que indica que la adición de pigmento no generó una variación apreciable en esta zona anatómica. Sin embargo, en los tarsos se observaron diferencias colorimétricas relevantes: los pollos suplementados con pigmento alcanzaron un valor de 4 en el abanico Roche, mientras que los pollos del grupo testigo registraron únicamente un valor de 2. Este incremento evidencia una mayor deposición de pigmentos carotenoides en tejidos queratinizados como los tarsos, lo cual confirma la respuesta fisiológica diferencial al suministro de pigmentantes.

Semana 5

Se mantuvo el manejo correspondiente de la temperatura, ventilación y suministro de alimento durante el período de observación, sin registrarse mortalidad en ambos corrales



Figura 31. Tarso y pechuga pollo testigo

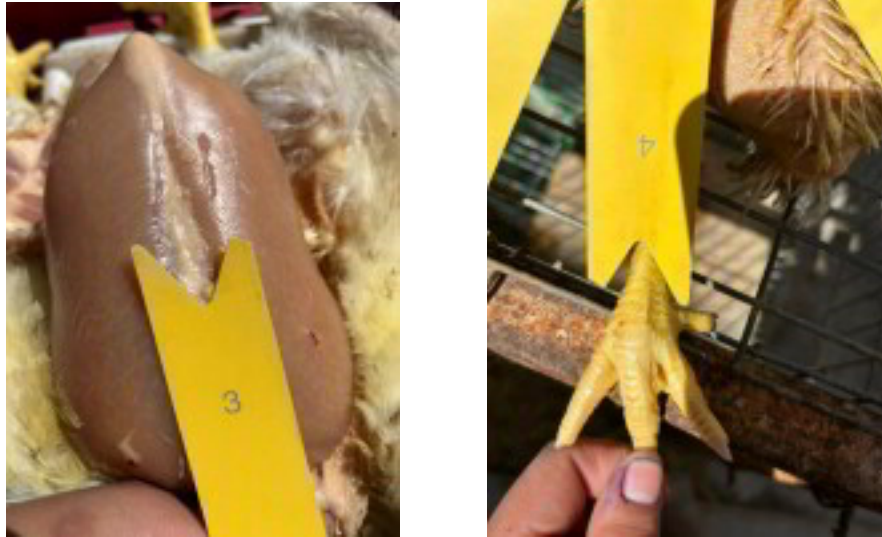


Figura 32. Tarsos y pechuga pollo con extracto de cempasúchil

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante las primeras dos semanas todos los grupos recibieron alimento sin aditivo. Mientras que en el periodo experimental se evaluó la pigmentación de los tarsos, la pechuga suplementados con extracto de cempasúchil, comparándolos con un grupo testigo. Las mediciones se realizaron semanalmente utilizando la escala del abanico ROCHE.

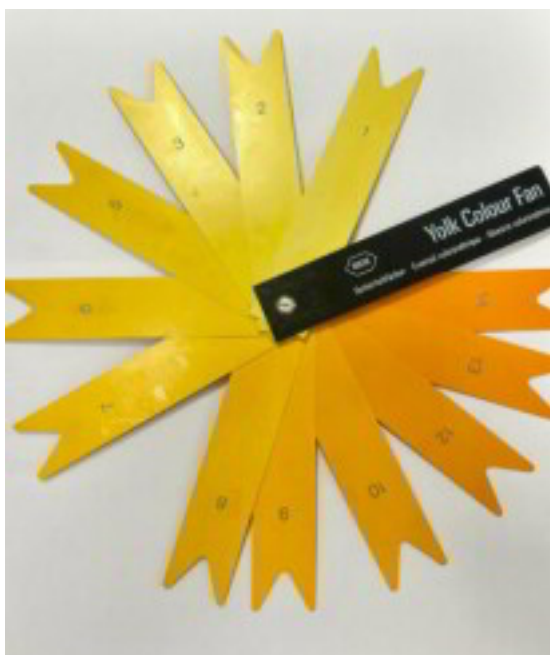
En la tercera semana, los pollos sin pigmento registraron valores de 1 en tarsos, pechuga y pigmentación general. En contraste, el grupo con pigmento mostró una ligera mejora en la coloración, alcanzando valores de 2 en tarsos y entre 1–2 en pigmentación general, mientras que la pechuga permaneció en 1. Estos resultados reflejan el inicio del efecto del pigmento sobre la coloración tegumentaria.

Para la cuarta semana, se observó un incremento más evidente en la pigmentación del grupo tratado. Los tarsos alcanzaron un valor de 4, mientras que la pechuga se mantuvo en 2 y la pigmentación general aumentó a niveles entre 2–3. En el grupo sin pigmento, la coloración se incrementó ligeramente de manera natural, con valores de 2 en tarsos y pechuga, y entre 1–2 en pigmentación general.

En la quinta semana, el grupo suplementado con pigmento mantuvo niveles altos de coloración tegumentaria, registrando valores de 4 en tarsos, 3 en pechuga y entre 2–3 en pigmentación general. El grupo sin pigmento mostró valores menores, ubicándose en 2

en tarsos y pechuga, y 1-2 en la pigmentación general. Estos resultados confirman la continuidad del efecto pigmentante conforme avanza la edad del ave.

En general, los datos demuestran que la inclusión de extracto de cempasúchil es eficaz para mejorar la pigmentación, coincidiendo con investigaciones que destacan su contenido de xantofilas como agente pigmentante natural de alta biodisponibilidad en pollos de engorda.



Semana 3		
Área	Sin pigmento (abanico ROCHE)	Con pigmento (abanico ROCHE)
Tarsos	1	2
Pechuga	1	1
Pigmentación general	1	1 - 2

Tabla 1. Resultados semana 3

Semana 4		
Área	Sin pigmento (abanico ROCHE)	Con pigmento (abanico ROCHE)
Tarsos	2	4
Pechuga	2	2
Pigmentación general	1 - 2	2 - 3

Tabla 2. Resultados semana 4

Semana 5		
Área	Sin pigmento (abanico ROCHE)	Con pigmento (abanico ROCHE)
Tarsos	2	4
Pechuga	2	3
Pigmentación general	1 - 2	2 - 3

Tabla 3. Resultados semana 5

Observaciones:

En la semana 1 y 2 no hubo cambios, ya que su alimentación era sin pigmento.

5. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos a lo largo de las semanas 3, 4 y 5 permiten concluir que la inclusión del extracto de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en la dieta de los pollos de engorda sí influyó positivamente en la pigmentación de los tarsos y, en menor medida, en la pechuga, cumpliendo con el objetivo planteado de evaluar su efecto pigmentante en estas áreas. En comparación con el grupo testigo, los pollos suplementados mostraron valores mayores y más consistentes en la escala del abanico ROCHE, especialmente en los tarsos, donde se observaron incrementos claros desde la semana 3 hasta la semana 5.

Estos resultados confirman que, dado que el pigmento proveniente del extracto de cempasúchil tiene alta disponibilidad y afinidad por los tejidos de coloración amarilla, su aplicación en la dieta mejora de manera notable la intensidad pigmentaria, lo que representa una ventaja comercial para la presentación del producto final, lo que respalda la eficacia del cempasúchil como fuente natural de carotenoides.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias-Domínguez, B. G., & Ávila-Ramos. (2022). *VOLUMEN 16 XXVII Verano De la Ciencia*. www.jóvenesenciencia.ugto.mx
- Agrotendencia. (2019). *Pollos de engorde_ conoce su cría, razas y alimentación*.
- Antonio Murillo, G., & Vasquez Bejarano, S. A. (18 C.E.). 21613210-21613211-junio2018-m10-t. *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LÍNEAS GENÉTICAS COBB 500® VS. ROSS 308® POLLO DE ENGORDE*, 18. <file:///C:/Users/river/OneDrive/Documentos/articulos%20tesis/21613210-21613211-junio2018-m10-t.pdf>
- AVIFASA. (2023). *¿Qué es el pollo broiler y por qué es tan popular_ - AVIFASA?*
- AVIAGEN. (2019). *Brief Optimizing Nutrition Of Modern Broilers-24-EN*.
- BM Editores. (2018). *La Pigmentación de Huevos y Pollos de Engorda - BM Editores*.
- BM Editores. (2022). *La pigmentación del pollo - BM Editores*.
- Bustamante-Lara, T. I. (2023). *Estudios Sociales*. <file:///C:/Users/river/OneDrive/Documentos/articulos%20tesis/2395-9169-esracdr-33-61-e231276.pdf>
- Casarin *et al.* (2024). *Importancia del microbiota intestinal de las aves y su posible regulación con el uso de fibras*.
- Clavijo, V., & Flórez, M. J. V. (2018). The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. In *Poultry Science* (Vol. 97, Issue 3, pp. 1006–1021). Oxford University Press. <https://doi.org/10.3382/ps/pex359>
- Distriavicola. (2025). *Pollo de engorde Arbor Acres*. <https://distriavicola.com/product/pollo-de-engorde-arbor-acres/>
- DSPC. (2025). *Consumo de carne en México_ desglose por estado – DSPC*.
- Dubraska. (2023). *¿Por qué se alimentan a los pollos de engorde por etapa_ - Molinos Champion?*
- EcuRed. (2019). *Pollo de engorde*. https://www.ecured.cu/Pollos_de_engorde

el sitio avicola. (2015). *Flor de cempasúchil*.
<https://www.elsitioavicola.com/articles/2658/pigmentacion-en-pollo-de-engorde/#:~:text=En>

Enrique Leyva, C., Alonzo Solis, J. F., & Vela Manzanilla, R. (2022). Dialnet-CompetitividadDeMexicoEnLaProduccionDeCarneDePollo-8591835. *ATLANTIC REVIEW OF ECONOMICS – AROEC*, 5, 3.
file:///C:/Users/river/OneDrive/Documentos/articulos%20tesis/Dialnet-CompetitividadDeMexicoEnLaProduccionDeCarneDePollo-8591835.pdf

Italcol. (2019). *Manual práctico para la producción de pollo pigmentado*.

Jacque Jacob. (2020). *S I S T E M A D I G E S T I V O A V I A R*.
<https://poultry.extension.org/articles/poultry-anatomy/avian-digestive-system/#:~:text=The>

Jiménez et al. (2024). *Fisiología del aparato digestivo de pollos de engorda.pptx*.

Kaveh Jahan. (2024a). *Cobb 500*. <https://www.jahankaveh.com/en/cobb-broiler-and-cobb-strains/>

Kaveh Jahan. (2024b). *Ross 308*. <https://www.jahankaveh.com/en/>

Miguel Martínez Peña, Arturo Cortés Cuevas, & Ernesto Ávila González. (2004). *Vista de Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (tagetes erecta) sobre la pigmentación en la piel de pollos de engorda*.

Nochebuena Molina, Á., García Salazar, J. A., González Estrada, E., & López Reyna, Ma. del C. (2023). 2007-9621-au-33-e3901. *Determinantes de la oferta de carne de pollo en México de 1994 a 2021: importancia del desarrollo tecnológico y el precio de los granos forrajeros*, 33, 2. file:///C:/Users/river/OneDrive/Documentos/articulos%20tesis/2007-9621-au-33-e3901.pdf

Pansegrouw Natasha. (2023). *Hubbard*.

Productos, E., & Volver, E. (2023). *Revista Alimentación y Nutrición de Ponedoras Nutrición y Alimentación de pollos Temáticas Monográficos Reportajes Especies Entrevistas Sectoriales Autores*. <https://avinews.com/la-produccion-de-carne-de-pollo-continua-creciendo-en-mexico/>

Productos, E., & Volver, E. (2025). *Revista Alimentación y Nutrición de Ponedoras Nutrición y Alimentación de pollos Temáticas Monográficos Reportajes Especies Entrevistas Sectoriales Autores*. <https://avinews.com/tendencias-en-la-produccion-y-el-comercio-mundial-de-carne-de-ave/>

Productos Eventos, E., & Penz Junior, M. (2024). *Revista Alimentación y Nutrición de Ponedoras Nutrición y Alimentación de pollos Temáticas Monográficos Reportajes Especies Entrevistas Sectoriales Autores*. <https://avinews.com/nutricion-de-pollos-de-engorde-durante-la-primera-semana/>

Producción Avícola. (1968). *España: Euned. Producción Avícola*

Puga Fernando. (2020). *Avicultura Artículos Entorno avícola Administración de la Granja Avícola*. <https://bmeditores.mx/avicultura/conceptos-del-aparato-digestivo-en-el-pollo-de-engorda/>

Redacción Porcicultura. (2025). *Panorama de la carne en México_ más consumo, más importaciones y lento avance en producción*.

Solla Nutrición Animal. (2022). *El Uso De Pigmentos En Avicultura*.

Svihus, B. (2011). LA MOLLEJA: INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA DE LA DIETA Y EFECTOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. In *Sumarios WPS Journal Fuente: World's Poultry Science Journal* (Vol. 67, Issue 2).

Svihus, B., Choct, M., & Classen, H. L. (2013). Function and nutritional roles of the avian caeca: A review. In *World's Poultry Science Journal* (Vol. 69, Issue 2, pp. 249–264). <https://doi.org/10.1017/S0043933913000287>

Zarah Hamid. (2023). *20 Countries With The Highest Chicken Consumption*.