



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado en pollos
Broiler sobre la pigmentación de la piel en la granja Santa Inés

AGUILAR RIOFRIO ANA PAULA
MEDICA VETERINARIA

MACHALA
2025



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado
en pollos Broiler sobre la pigmentación de la piel en la granja Santa
Inés**

**AGUILAR RIOFRIO ANA PAULA
MEDICA VETERINARIA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado
en pollos Broiler sobre la pigmentación de la piel en la granja
Santa Inés**

**AGUILAR RIOFRIO ANA PAULA
MEDICA VETERINARIA**

SANCHEZ QUINCHE ANGEL ROBERTO

**MACHALA
2025**



Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la pigmentación de la piel en pollos broiler en la granja Santa Inés. Ana Paula Aguilar Riofrio (2)



Nombre del documento: Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la pigmentación de la piel en pollos broiler en la granja Santa Inés. Ana Paula Aguilar Riofrio (2).pdf
ID del documento: b75805faa5f46f69955fa7c7c7b7c3d8d0c08e52
Tamaño del documento original: 258,37 kB

Depositante: Sánchez Quinche Angel Roberto
Fecha de depósito: 25/7/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 25/7/2025

Número de palabras: 3563
Número de caracteres: 22.742

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado so... #940104 Viene de de mi biblioteca 1 fuente similar	93%		Palabras idénticas: 93% (3310 palabras)

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, AGUILAR RIOFRIO ANA PAULA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado en pollos Broiler sobre la pigmentación de la piel en la granja Santa Inés, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



AGUILAR RIOFRIO ANA PAULA

0706356854

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a quienes han sido los pilares de mi vida, a quienes han estado cerca con amor incondicional, y también a quienes, desde el cielo, han guiado cada uno de mis pasos.

A mi madre, Diana Riofrío, cuyo amor es mi refugio y cuya fuerza ha sido ejemplo y guía constante. A mi padre, Jorge Aguilar, por su compromiso, su paciencia, a ambos por enseñarme a ser firme incluso cuando todo se tambalea. A mis hermanos, Bruno y Matthew, que con su compañía y cariño le han puesto color y calidez a cada etapa de este camino.

A mi abuelita Fabiola, por su ternura, sus oraciones y su presencia incondicional en cada logro y cada caída. Y a mi abuelito Óscar, que en paz descanse, porque, aunque su ausencia duele, su recuerdo ha sido un aliento constante y su legado vive en mi corazón.

A mi perrita Molly, compañera fiel, que con su presencia me regaló paz y consuelo en los momentos más difíciles. Su amor silencioso me acompañó en noches de estudio, de ansiedad y también de esperanza.

Y a Dios, por no soltarme nunca. Por sostenerme cuando sentí que no podía más, por abrir caminos cuando parecía que no los había, y por recordarme que los sueños se cumplen cuando se caminan con fe.

Esta etapa universitaria fue una de las más exigentes, pero también una de las más hermosas de mi vida. Me hizo crecer, me enseñó a resistir y me regaló el privilegio de formarme en lo que más amo. Esta tesis es para todos ellos, porque sin su amor y su presencia, nada de esto habría sido posible.

AGRADECIMIENTO

Al cerrar esta etapa tan significativa, quiero dejar constancia de la gratitud profunda que llevo por todo lo vivido, por lo aprendido y por quienes caminaron a mi lado.

Gracias, de todo corazón, a mis padres, Diana y Jorge, por su apoyo incansable, su amor firme y su fe en mí incluso cuando yo misma dudaba. Gracias por cada sacrificio hecho en silencio y por acompañarme sin condiciones. A mis hermanos, Bruno y Matthew, por ser parte esencial de este trayecto, por alegrar mis días y recordarme siempre el valor de la familia.

A mi abuelita Fabiola, por su presencia llena de ternura, por sus palabras sabias, por sus abrazos cálidos y su compañía en cada logro. Y a mi abuelito Óscar, que desde el cielo ha sido faro y fuerza. Su recuerdo me sostuvo en silencio y su amor permanece vivo en lo que soy y en lo que he logrado. A Molly, mi compañera de cuatro patas, que supo estar en silencio y sin juicio cuando más lo necesitaba. Su mirada fue aliento, su compañía una forma pura de amor que me ayudó a continuar.

Y por encima de todo, agradezco a Dios, porque su gracia fue real, su presencia constante y su amor inquebrantable. A él encomiendo cada logro, porque sin su guía este camino habría sido imposible.

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue analizar el efecto de la inclusión de grasa amarilla de desecho en el alimento sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorde, considerando que la coloración amarilla de la piel representa un atributo estético muy valorado por los consumidores en ciertos mercados, especialmente en Latinoamérica. Este estudio se desarrolló en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala, utilizando una población total de 200 pollos, distribuidos aleatoriamente en cinco tratamientos experimentales, cada uno con cuatro réplicas de diez aves, bajo un diseño completamente aleatorizado. Los tratamientos variaron según el nivel de inclusión de grasa amarilla como fuente lipídica en la dieta: 0% (control), 25%, 50%, 75% y 100%, en reemplazo del aceite de palma convencional.

Durante el ensayo de cinco semanas, se evaluaron variables productivas y cualitativas como la ganancia de peso vivo, la pigmentación de los tarsos, pechuga y la mortalidad mediante una tira colorimétrica estandarizada. Los resultados revelaron que, a pesar de contener ciertas cantidades de carotenoides, la grasa amarilla no produjo el efecto deseado en la pigmentación de la piel. Por el contrario, se observó una disminución progresiva del tono amarillo a medida que aumentaba el porcentaje de esta grasa, lo cual fue apreciable en las comparaciones semanales. El grupo control, alimentado con aceite de palma, presentó un color de piel más intenso y uniforme, lo que confirma la eficacia pigmentante de esta fuente natural rica en β -caroteno y α -caroteno.

Sin embargo, la grasa amarilla sí tuvo un efecto significativo en la ganancia de peso, y los tratamientos con mayores niveles de inclusión lograron los mejores resultados en términos de ganancia de peso vivo. Esta diferencia estadísticamente significativa posiciona a la grasa amarilla como una fuente de energía eficaz que podría utilizarse para mejorar el rendimiento del pollo, siempre que la estética de la canal no sea un criterio de mercado exigente. Desde una perspectiva económica, el uso de este subproducto resulta atractivo debido a su bajo costo y su disponibilidad constante como residuo de la industria alimentaria, lo que también confiere valor ambiental al contribuir al uso sostenible de los residuos orgánicos.

Palabras clave: Grasa amarilla, pigmentación, pollos, aceite de palma, peso, subproductos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of including residual yellow fat in broiler chicken feed on skin pigmentation, considering the importance of skin color as a key trait in consumer perception and market acceptance, particularly in regions where yellow skin is associated with higher product quality. The study was conducted at Finca Santa Inés, part of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala, using 200 Cobb 500 broiler chickens. The birds were randomly assigned to five experimental treatments, each with four replicates of ten birds, under a completely randomized design. The treatments differed in the percentage of yellow fat included in the diet (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%), replacing the conventional use of palm oil as a lipid source.

During a six-week trial period, various performance and quality variables were assessed, including liveweight gain, skin and crowing pigmentation (measured using a standardized colorimetric scale), and mortality rate. The findings showed that the inclusion of yellow fat did not improve skin pigmentation; on the contrary, increasing yellow fat levels led to a progressive reduction in the intensity of yellow skin tones. In contrast, the control group receiving palm oil showed improved pigmentation, confirming the effectiveness of palm oil due to its high content of bioavailable β -carotene and α -carotene. This contrast suggests that while yellow fat may contain some carotenoids, their concentration and bioavailability are not sufficient to produce visible effects on broiler chicken skin coloration.

However, the inclusion of yellow fat had a positive impact on growth performance. Treatments with higher inclusion rates showed significant improvements in liveweight gain compared to the control, indicating that yellow fat is an efficient energy source. From an economic perspective, its low cost and consistent availability as a byproduct of the feed industry make it a viable option, especially in systems that prioritize weight gain and profitability over aesthetic characteristics. Furthermore, the use of waste yellow fat contributes to environmental sustainability by reusing a product that would otherwise present a challenge to dispose of.

Keywords: yellow fat, pigmentation, chickens, palm oil, weight, by-products

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	16
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo general.....	18
1.1.2	Objetivos específicos	18
1.2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.2.1	La avicultura en el ecuador	19
1.2.1	Producción ecológica de aves.....	20
1.2.2	Demanda del mercado de productos cárnicos aviares tradicionales	21
1.2.3	La pigmentación de la piel en pollos	22
1.2.4	Importancia de la coloración del pollo en los consumidores	22
1.2.5	Productos sintéticos y orgánicos utilizados como pigmentantes para la coloración de la piel del pollo.	23
1.2.6	Importancia de los pigmentantes en avicultura	24
1.2.7	Características y composición de grasa amarilla de pollos.....	25
1.2.9	Influencia de la dieta en la pigmentación y calidad de la grasa.....	26
1.2. 10	Usos en la industria y en la nutrición animal	27
1.2.11	Bioquímica y metabolismo de la pigmentación de la piel	27
1.2.12	Perfil de ácidos grasos saturados e insaturados de la grasa amarilla.....	28
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.1	MATERIALES.....	29
2.1.1	Localización del estudio.....	29
2.1.3	Población y muestra	30
2.1.4	Equipos y materiales.....	30
2.1.6	Variables A Considerar	31
2.1.7	Medición de las variables.....	32
2.2	MÉTODOS	33
2.2.1	Metodología de campo	33
2.2.2	Metodología para la formulación de balanceados	34
2.2.4	Modelo matemático	36
2.2.5	Hipótesis.....	36
III.	RESULTADOS	37
IV.	DISCUSIÓN.....	42
V.	CONCLUSIÓN.....	44

VI. RECOMENDACIONES	45
VII. BLIOGRAFÍA.....	46
VIII. ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Consumo per cápita de carne de pollo	25
Tabla 2	Contenido de Xantofilas de fuentes naturales.....	30
Tabla 3	Composición de pigmentantes de diferentes fuentes	31
Tabla 4	Peso vivo de los pollos	41
Tabla 5	Promedio de pigmentación de tarsos.....	42
Tabla 6	Promedio de pigmentación de pechuga	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Promedio de peso vivo	37
Ecuación 2 Mortalidad	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Peso de los diferentes tratamientos.....	42
Gráfico 2. Pigmentación de los tarsos de los diferentes tratamientos.....	43
Gráfico 3. Pigmentación de pechuga de los diferentes tratamientos	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Limpieza y desinfección del galpón.....	55
Anexo 2.	Desinfección del galpón.....	55
Anexo 3.	Tolda para protección del frío.....	55
Anexo 4.	Adecuación de calentadora.....	56
Anexo 5.	Regleta colorimétrica.....	56
Anexo 6.	Elaboración de balanceado previo a la llegada de los pollos.....	56
Anexo 7.	Medición de pigmentación de pechuga.....	57
Anexo 8.	Galpón de los pollos durante sus primeros días.....	57
Anexo 9.	Medición de pigmentación de tarsos.....	58
Anexo 10.	Medición de pigmentación de tarsos.....	58
Anexo 11.	Galpón durante la 5ta semana.....	59
Anexo 12.	Pesaje semanal de los pollos.....	59
Anexo 13.	Seguimiento semanal por parte del tutor.....	60
Anexo 14.	Elaboración de balanceado.....	60
Anexo 15.	Última revisión por parte del tutor.....	60

I. INTRODUCCIÓN

En la industria agroalimentaria la cría de pollos es esencial, según CONAVE, la producción avícola representa el 40% de la producción total agroalimentaria del Ecuador. El país produce aproximadamente 495 mil toneladas de carne de pollo al año, siendo aproximadamente el consumo de 30kg por persona anualmente. (1)

En este sector, un factor importante para la aceptación es la pigmentación de la piel de los pollos, en especial en mercados donde lo que es visto como un signo de “calidad” es la piel amarilla. Los ingredientes en la dieta, en especial los ricos en carotenoides, como el maíz, son los que influyen en la pigmentación, estudios demuestran que mejora la intensidad del color de la piel entre 2.5 a 3 veces más en comparación con las dietas sin maíz. (2)

La grasa amarilla es un subproducto que ha ganado atención, es un residuo de aceites de fritura y otros procesos industriales, es considerado como un contaminante, sin embargo, se lo podría emplear provechosamente en la alimentación animal, debido a que contiene compuestos para mejorar la tonalidad de la piel de los pollos broiler. (3)

La incorporación de grasa amarilla se muestra como un recurso energético, aunque no se ha investigado si favorece a la coloración sin necesidad de emplear aditivos sintéticos caros, esta grasa es un residuo de la industria de alimentos que, por lo general, se la considera un desecho que necesita ser removido correctamente para prevenir la contaminación del medio ambiente. No obstante, este recurso podría poseer un potencial no utilizado en la dieta de los pollos, ya que incluye compuestos que pueden influir el tono de la piel de las aves.(3)

El estudio consiste en evaluar si la inclusión de esta grasa en el balanceado de los pollos contribuye a mejorar la pigmentación sin perjudicar el bienestar animal, asimismo, es esencial determinar su viabilidad financiera para los productores, teniendo en cuenta los beneficios medio ambientales, así como los costos de insumos.

La granja Santa Inés, interesada en mejorar la calidad de sus productos y en reducir costos, propone investigar el uso de grasa amarilla en el alimento de sus pollos broiler por lo que

este estudio tiene como objetivo determinar si la grasa amarilla influye en la pigmentación de la piel, lo que se traduce en un subproducto llamativo para los consumidores.

Este enfoque contribuye a una mejor gestión de residuos al reutilizar la grasa amarilla y reducir la contaminación causada por desechos inapropiados. En síntesis, este estudio busca la viabilidad de proporcionar soluciones de costo efectivos y sustentable para la producción avícola.

La inclusión de la grasa amarilla de las aves en su dieta justifica esta investigación debido a sus ventajas ambientales. La reutilización de los desechos orgánicos generados en abundancia en varias industrias alimentarias ayudará a disminuir la contaminación ambiental provocada por un tratamiento inapropiado.

La ventaja económica del fabricante puede ser significativa porque el contenido de la grasa amarilla puede mejorar el pigmento de la piel de pollo y aumentar la recepción del producto en el mercado. Además, es barato para cada producto, lo que puede reemplazar la grasa y el aceite más caros en alimentos más saludables.

El color de la piel del pollo es muy apreciado por los consumidores, en especial en los mercados que valoran aves con piel de color amarillo intenso. La grasa amarilla puede ser una opción eficiente y rentable para mejorar esta afección sin depender de suplementos costosos.

Esta investigación tendría un impacto en el ambiente efectivo al disminuir los desechos en la industria alimenticia para promover la gestión sustentable de recursos y ajustar el desarrollo actual de la sostenibilidad y los desechos.

Este estudio brindará información eficaz sobre la pigmentación de la piel midiendo la influencia de la grasa sobre su color utilizando un dispositivo de medición preciso como una regleta, y podrá alcanzar datos objetivos que puedan evaluar la validez de esta práctica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la pigmentación de la piel en pollos broiler en la granja Santa Inés.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el nivel óptimo de inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado que favorezca la pigmentación de la piel de los pollos broiler sin comprometer su salud ni rendimiento productivo.
- Medir y analizar el grado de pigmentación en la piel de los pollos broiler alimentados con grasa amarilla utilizando una regleta de color, evaluando su efecto visual en comparación con los estándares comerciales de pigmentación.
- Valorar la factibilidad económica del uso de grasa amarilla como insumo en la dieta de los pollos broilers, destacando su potencial para reducir costos de producción.

1.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 La avicultura en el Ecuador

De acuerdo con la FAO (4), la producción de pollos en Ecuador ha experimentado un crecimiento. Tanto las aves de campo como las de corral experimentaron un crecimiento del 27% entre 2018 y 2019. El consumo de pollo es un componente clave en la alimentación de Ecuador, debido a que se percibe como un plato esencial. Tanto los huevos como la carne de ave son de los productos animales más consumidos en todo el mundo y son parte integral de muchas tradiciones, creencias. La necesidad de estos alimentos ha experimentado un crecimiento notable en las décadas recientes. Existen aproximadamente 1819 granjas avícolas en operación en Ecuador, lo que transforma a la avicultura en una industria de mucha relevancia.

A lo largo del tiempo, la ingesta propia de pollo y huevo ha subrayado la importancia vital de la industria avícola en garantizar la adecuada provisión de alimentos, suministrando una fuente económica de proteína animal ampliamente consumida por la mayoría, sin importar su nivel socioeconómico. En las producciones avícolas nacionales, la productividad más alta se registra en la cría de pollos broiler, estas aves son el resultado de varias mezclas genéticas, se destaca por su habilidad para combatir enfermedades, su conformación física adecuada y su peso óptimo. Guayas, Manabí, Imbabura, El Oro, Santo Domingo, y Pichincha son las provincias más destacadas en la producción avícola.(5)

En Ecuador, el sector avícola existe en 24 provincias. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Población, en 2019 se produjeron en promedio 38.813.881 pollitos, 8.936.553 gallinas ponedoras y 2.189.899 gallinas. En total se alcanzaron 4.197.199 gallinas y gallos. La producción de pollos contribuye con el 2% (PIB) y aproximadamente del 16% del PIB agrícola, con 82.000 productores que generan 1,5 millones de toneladas de maíz al año, 4.000 productores que producen 45.000 toneladas de soja al año. Además, 25 industrias y gremios producen 3,2 millones de toneladas de alimento balanceado, que se utiliza en más de 1.800 granjas avícolas, 525.000 toneladas de pollo y 3.904 millones de huevos, lo que los convierte en los principales actores de la cadena de suministro de la producción avícola del Ecuador. (6)

Datos proporcionados por la Asociación Nacional de Criadores de Aves del Ecuador (2022) el sector avícola contribuye con un 23% al PIB de la agricultura. Respecto a la aportación del PIB del país aporta con un 3%. La comercialización y producción de pollos se encuentra mayormente en zonas rurales de Ecuador, lo que hace que la producción de carne de pollo sea un elemento fundamental para la economía. En la actualidad, las fincas avícolas centradas en la cría de gallinas para la obtención de huevos poseen una población de 13.7 millones de aves ponedoras. En el 2021, Ecuador produjo 3 millones de huevos. (7)

Tabla 1 Consumo per cápita de carne de pollo

Año	Consumo de pollo por kg/persona
2020	28,21
2021	27,72
2022	27,31
2023	30,14

Fuente: Mero, 2022. (7)

1.2.1 Producción ecológica de aves

La demanda de la producción avícola a nivel mundial ha aumentado en gran cantidad en respuesta al aumento de la población, más aún en países que se encuentran en desarrollo, siendo así que la producción cárnica de aves de corral es la que representa la más alta demanda del mercado. (8)

La crianza ecológica de aves surge de la necesidad de obtener productos cárnicos aviares libres de antibióticos y que esto a su vez acompañe el bienestar animal. Todo esto requiere de un buen manejo de crianza y una alta calidad de los pollos, los mismos que podamos adaptar al sistema de crianza orgánico.(9)

Las grandes explotaciones aviares, producen cantidades enormes de desechos que son arrojados al medio ambiente, un claro ejemplo es la explotación comercial de gallinas ponedoras que genera excretas que contienen 750 toneladas de nitrógeno y 150 de fósforo

al año, lo cual ha provocado un gran impacto y preocupación en la sociedad y los investigadores conservacionistas dedicados al cuidado del medio ambiente. (10)

Colombia siendo uno de los países más ricos en recursos naturales y con un gran avance en la cría de animales orgánicos, considera sumamente indispensable integrar a la crianza de aves los recursos suelo, planta y animal, con la finalidad de sacar al mercado una canal orgánica rescatando así el medio ambiente de la gran cantidad de desechos producidos por los animales y brindando al consumidor un producto aviar cárnico tradicional orgánico y con esto favorecer la salud de las familias consumidoras. Por este motivo se ha considerado la inclusión de grasa amarilla que contengan propiedades naturales capaces de provocar resultados positivos en la pigmentación de la piel de las aves, y esto en los últimos tiempos se ha convertido en una necesidad mundial debido al uso excesivo de aditivos artificiales en los animales que van afectando la canal y con esto la salud de la población.(11)

1.2.2 Demanda del mercado de productos cárnicos aviares tradicionales

La grave situación de desnutrición que se presenta a nivel global, particularmente en las naciones carentes de los recursos necesarios para cubrir una canasta básica, ha provocado la creación de nuevas propuestas económicas para la producción de pollos ecológicos que no requieran de recursos costosos para su producción y que además sean de fácil manejo para que las familias de bajos recursos puedan tener acceso a ellos. (10)

Hay investigaciones efectuadas en el pasado que indican que la disposición a pagar por una carne orgánica está fuertemente influenciada por diversos elementos como el país, la categoría del producto y la sociedad en la que se ubican. Teniendo en cuenta que los consumidores perciben la carne orgánica como un alimento con un costo considerable para su economía, este factor es el obstáculo para la venta de la carne orgánica. Un significativo progreso en la agricultura avícola aspira a incrementar la producción, aumentando la disponibilidad de productos orgánicos de fácil acceso para los consumidores, debido a su alta demanda, dado que constituye el 70% de la proteína animal que la población consume. (12)

1.2.3 La pigmentación de la piel en pollos

La coloración es una característica fenotípica vinculada a una serie de funciones adaptativas, que incluyen, la selección de la pareja, el control de la temperatura, entre otras. La coloración cutánea es un procedimiento biológico intrincado. El tono cutáneo puede verse afectado por elementos ambientales, alimentación y herencia. Las sustancias carotenoides son las encargadas del tono de la piel en los animales. Los animales en su mayoría pueden ganar pigmentos carotenoides exclusivamente a través de su hábitat. Las plantas, hongos y bacterias pueden producir carotenoides, los cuales influyen en las características amarillas, naranjas y rojas de la piel. Los pollos consumen carotenoides mediante la ingesta de alimentos. Estos pigmentos, tras ser ingeridos, son llevados a las células de la mucosa del duodeno, los carotenoides son trasladados por las lipoproteínas a través del torrente sanguíneo a los tejidos diana. (13)

La naturaleza y abundancia de las lipoproteínas podrían restringir la habilidad para adquirir carotenoides durante esta etapa. Además, numerosas especies tienen la capacidad de transformar los carotenoides en variantes más ricas en oxígeno que se acumulan en la piel. El desenlace depende de diversos elementos, como la variedad y cantidad de carotenoides consumidos, la condición de salud y nutrición del individuo, su herencia genética y la composición de los alimentos. De esta forma, la asimilación de los carotenoides se ve influenciada por múltiples factores, dando lugar a variaciones significativas entre distintas especies o personas en su habilidad para absorber estos compuestos. (14)

1.2.4 Importancia de la coloración del pollo en los consumidores

El color de la piel de las aves es un elemento importante para su aceptación, en muchos países, los consumidores validan la salud del animal y la frescura de la carne con su color de piel. Por esta razón, las canales de pollo de piel amarilla suelen ser más solicitadas que las de piel blanca. La coloración de los tejidos de las aves y la yema del huevo, en particular la piel y la grasa, muestra de manera directa la cantidad de carotenoides en su dieta. El maíz incluido en su alimento no aporta suficientes pigmentos requeridos, debido a eso, para satisfacer las exigencias del mercado, las industrias de la avicultura incluyen carotenoides o tintes artificiales y/o naturales en la alimentación de los pollos. (15,16)

La creciente demanda mundial de productos animales, promovida por el aumento de la población, ha forjado mayores demandas en el mercado. La carne de pollo es una de las más ingeridas a nivel mundial, por lo que los productores deben ofrecer carne con un color atractivo para los consumidores. El amarillo en la piel del pollo se percibe como sinónimo de calidad y sabor. (8)

Se están realizando estudios sobre métodos biológicos para la obtención de la pigmentación de la piel de pollo, debido a la alta demanda de los consumidores de pollos amarillos. Existen opciones naturales para la pigmentación, sin embargo, no todas son efectivas. Por ejemplo, el DDGS (granos secos de destilería con solubles) se puede incluir en la dieta hasta un 15%, que pigmenta la yema de huevo, pero no tiene el mismo resultado sobre la piel del pollo. (17)

Varios elementos influyen en la coloración de la piel, como el estado nutricional de las aves, el tiempo de inclusión en la dieta, la cantidad de pigmento, la dieta que reciben y las circunstancias de sacrificio. Conjuntamente, enfermedades como la coccidiosis, una de las más frecuentes y caras para los productores de aves, pueden afectar la pigmentación de la piel. La gravedad de esta enfermedad depende de la cepa *Eimeria* y del estado inmune del animal, y las cepas *E. maxima* y *E. acervulin* son de mayor relevancia. (18)

Dentro de un mercado en auge de carne de pollo fresca, la primera impresión que crea un distribuidor en los clientes es a través de la apariencia de la piel. La pigmentación amarilla y la consistencia en el color de la piel son características clave que afectan la decisión de compra de los consumidores. El precio en el mercado de las gallinas con plumas blancas o amarillas claras es más bajo que el de las gallinas con plumas amarillas. (19)

1.2.5 Productos sintéticos y orgánicos utilizados como pigmentantes para la coloración de la piel del pollo.

Las dietas balanceadas destinadas a la producción avícola contienen un sin número de aditivos que ayudan a mantener el estado de salud del animal y el rendimiento productivo del mismo, estos aditivos se han convertido en componentes esenciales en las dietas de los pollos, entre los aditivos más importantes tenemos los pigmentantes que dan color a la piel de las aves para que de esta manera sea más apetecible para el consumidor. (20)

Las principales fuentes naturales de estos pigmentos carotenoides son la harina de gluten de maíz, el maíz amarillo, la harina de alfalfa deshidratada, las flores de caléndula. Los pollos alimentados con esas fuentes de pigmento presentan una mejoría en su tonalidad, lo que los hace más apetecibles para el consumidor y le permite una exitosa introducción al mercado mundial. (21)

El uso de colorantes artificiales en las industrias de producción de balanceado está en aumento cada vez más para poder satisfacer las necesidades de los consumidores, existiendo en contra la toxicidad que pueden ocasionar los pigmentantes sintéticos, se han realizado varias investigaciones exitosamente en la inclusión de pigmentos naturales en el balanceado de aves, con el fin de remplazar los artificiales. (22)

Uno de los pigmentantes principales son los carotenos, los cuales se presentan como un gran requerimiento dentro de los mercados ya que se incluyen como aditivos en la alimentación para pollos de engorde, como también son empleados en la acuicultura como es en los peces y crustáceos. (23)

1.2.6 Importancia de los pigmentantes en avicultura

La coloración de la canal del pollo es vista como la característica más relevante de su aspecto, y está vinculada con la calidad de la misma. Para el consumidor, el color amarillo simboliza un alto nivel nutricional. Actualmente, se ha generado un abuso en el uso de pigmentos artificiales, razón por la cual se han establecido algunas regulaciones para restringir su empleo y regular este problema en el sector de la avicultura. Debido a este abuso, las investigaciones sobre pigmentos salen a relucir. (24)

Las xantofilas y los carotenos son los pigmentos que más aportan a la coloración de la piel de las aves de corral, de ahí su gran relevancia nutricional y económica en las dietas balanceadas. El productor puede controlar esta pigmentación con el tipo de xantofila y la cantidad de esta que se incluya en la dieta balanceada. La inclusión de pigmentos artificiales dentro del balanceado comercial representa de un 8 % a un 10% del costo de producción.(25)

Existen investigaciones que evidencian que si un alimento cambia su color natural (sin afectar su sabor o su olor), se provoca un rechazo por parte del consumidor. Es por este motivo que se considera de vital importancia incluir en la fórmula balanceada una fuente

de pigmentos, para que estos mantengan o incrementen la pigmentación, cualidad que permite la aceptación del producto por parte del consumidor y con esto un éxito para el productor. (26)

En las aves las xantofilas se depositan en la grasa subcutánea, la piel y la yema de los huevos, en la naturaleza tenemos una gran cantidad de xantofilas pero solo unas cuantas representan importancia dentro de la nutrición de las aves. La cantidad de xantofilas que se incluya en la dieta balanceada difiere en diferentes países y esto se encuentra regulado por las directivas de color. (25)

Tabla 2 Contenido de Xantofilas de fuentes naturales

Materia Prima	Xantofilas totales ppm.
Maíz amarillo	10 - 25
Gluten de maíz	250 - 400
Alfalfa	100 - 500
Cempasúchil	6000 - 10000
Ají	180- 200

Fuente: Kuzmicky, 1977.(27) y Marusich,1970. (28)

1.2.7 Características y composición de grasa amarilla de pollos

La grasa amarilla de los pollos que se acumula en la zona abdominal del ave en un tejido adiposo que se presenta por un color amarillo intenso. Esta coloración es característica de una influencia de pigmentos naturales como son los carotenos y las xantofilas, reconocidos como compuestos bioactivos que pertenecen a la familia de los carotenoides. También se la considera como una fuente energética, esta grasa amarilla contiene una mezcla de ácidos grasos insaturados y saturados como propiedades nutricionales, así como también lípidos bioactivos y vitaminas liposolubles. (29)

1.2.8 Propiedades pigmentantes de las xantofilas y los carotenos

Las xantofilas es el principal pigmentante que influye en el color amarillento característico de la grasa de pollo, es un tipo de carotenoide acumulada en el tejido

adiposo del pollo. La zeaxantina y la luteína son las xantofilas más abundantes que además de contribuir con la pigmentación también aportan con la protección de las células del daño oxidativo debido a que posee propiedades antioxidantes. (30)

Aunque en menor proporción, el beta-caroteno perteneciente al grupo de los carotenoides, también aportan a la coloración. Este compuesto es distinguido por sus beneficios antioxidantes y por ser un precursor de la vitamina A. Estos pigmentantes se acumulan en la grasa y en la piel de los pollos, en la yema del huevo, provocando que su color sea un atributo apreciado en la industria avícola y por los consumidores. (31)

1.2.9 Influencia de la dieta en la pigmentación y calidad de la grasa

La calidad y cantidad de estos pigmentos que se encuentran en la grasa dependen de los ingredientes del balanceado de los pollos. Alimentos como el pimiento rojo, maíz amarillo, la alfalfa son fuentes abundantes en carotenoides, aportando al aumento de la tonalidad el color amarillento de la piel y la grasa del ave. En la elaboración de los balanceados, la suplementación con extractos naturales ricos en zeaxantina o luteína es habitual para asegurar una pigmentación atractiva y uniforme, lo cual es relevante por su indicador de calidad. (32)

Tabla 3 Composición de pigmentantes de diferentes fuentes

Fuente Alimenticia	Contenido Aproximado de Carotenoides Totales (mg/kg)	Principales Carotenoides	Color Aportado	Aporte Estimado a la Pigmentación de la Grasa Amarilla (%)	Contribución a la Pigmentación de la Grasa Amarilla
Aceite de Palma Crudo	500-700	β -caroteno, α -caroteno	Amarillo-naranja	30-35%	Alta
Maíz Amarillo	10-20	Luteína, zeaxantina	Amarillo	5-10%	Moderada
Harina de Alfalfa	200-300	Luteína, β -caroteno	Amarillo-verde	15-20%	Moderada
Harina de Cempasúchil	8,000-10,000	Luteína, zeaxantina	Amarillo-rojizo	40-50%	Muy alta

Fuente: Cuca, 1962. (33)

1.2. 10 Usos en la industria y en la nutrición animal

En la industria alimenticia, la grasa amarilla de las aves puede ser procesada para conseguir sebo o aceites refinados que son utilizados en balanceados. No solo tiene una función energética, también es un atrayente natural para los consumidores y mejora la palatabilidad de los productos. Asimismo, su capacidad para acumular pigmentos hace que sea de interés en aplicaciones donde se buscan intensificar colores, por ejemplo, la elaboración de piensos para aves ponedoras, asegurando una coloración más interesante en la yema de los huevos. (34)

1.2.11 Bioquímica y metabolismo de la pigmentación de la piel

La pigmentación de la piel de los pollos es un proceso bioquímico por su absorción y acumulación de pigmentos carotenoides, en especial las xantofilas. Los pigmentos como los carotenos (beta-caroteno) y las xantofilas (zeaxantina, luteína) pueden sufrir ciertos cambios metabólicos al ingerirse, en función de las vías metabólicas particulares y de su composición química. (35)

Los carotenoides que se consumen se asimilan en el intestino delgado gracias a las grasas y a las sales biliares presentes en la alimentación, una vez que llegan a las células del epitelio intestinal, se unen a los quilomicrones que son partículas de proteína lipoproteica, y son llevados a través del sistema linfático hasta la sangre, donde se reparten entre los tejidos, incluyendo la piel y los tarsos. En este momento, los carotenoides se siguen encontrando en su estado inicial.

Según el tipo de carotenoide, antes de su almacenaje puede sufrir una transformación química. En el intestino o el hígado es metabolizado por la enzima beta-caroteno dioxigenasa 1 (BCO1), que lo separa en dos moléculas de retinal (una variante de la vitamina A). (35)

El retinal tiene la capacidad de ser oxidado a ácido retinoico, una molécula que participa en procesos fisiológicos, o reducido a retinol, que se guarda como vitamina A. En esta situación, los carotenos experimentan una alteración estructural considerable antes de ser guardados en los tejidos. En contraste con los carotenos, las xantofilas no se transforman en vitamina A en las aves, dado que no poseen actividad de la vitamina A. En su lugar, se depositan directamente en los tejidos, tales como la piel, los tarsos y el tejido graso. A

pesar de que las xantofilas no experimentan modificaciones significativas, tienen la capacidad de acoplarse a lipoproteínas plasmáticas, tales como las de baja densidad (LDL) y alta densidad (HDL), para su traslado y almacenamiento. Además, sus propiedades les permiten interactuar con radicales libres. (36,37)

Las xantofilas y carotenos (como la luteína y la zeaxantina) que no son metabolizados son llevados a los tejidos pigmentados. En este lugar, se acumulan en la adiposidad subcutánea, la piel y los tarsos, sin experimentar alteraciones estructurales adicionales. Estos depósitos son los encargados de la característica tonalidad amarilla. (36)

1.2.12 Perfil de ácidos grasos saturados e insaturados de la grasa amarilla

El perfil lipídico de la grasa amarilla se caracteriza por una mezcla de ácidos grasos saturados e insaturados, siendo los segundos predominantes. Diversos estudios reportan que la grasa amarilla contiene aproximadamente un 30 % de ácidos grasos saturados, entre los que destacan el ácido palmítico y el esteárico. En contraste, los ácidos grasos insaturados alcanzan cerca del 60 %, principalmente en forma de ácido oleico y ácido linoleico, lo cual le confiere una alta digestibilidad y un buen valor energético en dietas avícolas. La relación AGI/AGS, que puede oscilar entre 2.3 y 2.8, favorece la absorción y utilización metabólica de los lípidos en el tracto digestivo de las aves. (38)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 Localización del estudio

La presente investigación se realizó en la Granja “Santa Inés” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala ubicada en el kilómetro 5 ½ vía Machala – Pasaje.

Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Longitud: 79° 54' 05”

Latitud: 3°17'16”

Altitud: 5 msnm.

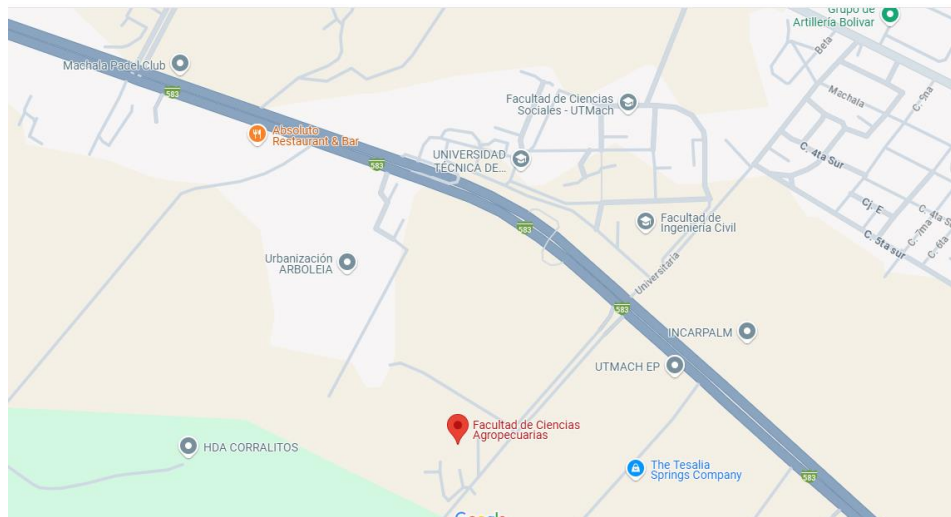
Temperatura: 22 a 35 °C

2.1.2 Coordenadas Utmach

Este: 616231.45m E

Norte: 9638889.32 m S

Zona: 17 M



Anexo 1. Fuente: Google Maps

2.1.3 Población y muestra

El estudio de campo fue experimental, con 5 tratamientos y 4 réplicas, cada uno con 10 pollos (unidad experimental), para un total de 200 pollos de engorde.

El primer tratamiento fue el control absoluto (T1), en el que no se incorporó grasa amarilla. En el segundo tratamiento (T2), se incorporó grasa amarilla al alimento al 25 %. En el tercero (T3), se incorporó grasa amarilla al alimento al 50 %. En el T4, se incorporó grasa amarilla al alimento al 75 %. En el T5, se incorporó grasa amarilla al alimento al 100 %.

2.1.4 Equipos y materiales

- ✓ 200 Pollitos
- ✓ 20 Comederos de tolva
- ✓ 20 comederos de bebes
- ✓ 20 Bebederos
- ✓ Mangueras
- ✓ Malla
- ✓ Viruta
- ✓ Periódico
- ✓ Vitaminas
- ✓ Grasa amarilla de desecho
- ✓ Balanza gramera marca Camry (Error $\pm$ 1g) (2)
- ✓ 6 focos
- ✓ Hojas de registros
- ✓ Bolígrafos
- ✓ Cuaderno de apuntes
- ✓ 4 criadoras o calentadoras a gas
- ✓ Gas
- ✓ Ollas
- ✓ Cable
- ✓ Toma corriente
- ✓ Timer Análogo Marca (POWER ZONE)
- ✓ Vacunas (Newcastle La Sota y Gumbo-Vac Ceba Intermedia)

- ✓ Termómetro digital Marca (HTC-1)
- ✓ Pie de rey digital Marca (TACTIX).
- ✓ Cinta colorímetro. (QUIMTIA).

2.1.5 Materias primas para elaboración de balanceado

- ✓ L - lisina Monoclorhidrato
- ✓ DL - Metionina
- ✓ L – treonina
- ✓ Harina de Soya
- ✓ Maíz molido
- ✓ Polvillo de arroz
- ✓ Afrecho de trigo
- ✓ Aceite de palma refinado
- ✓ Aceite de palma crudo
- ✓ Premezcla vitamínica mineral
- ✓ Carbonato de calcio
- ✓ Fosfato bicálcico
- ✓ Compuesto enzimático ROVABIO® MAX ADVANCE
- ✓ Sal Yodada
- ✓ Antibiótico promotor de crecimiento
- ✓ Coccidiostato
- ✓ Zeolita

2.1.6 Variables A Considerar

- ✓ Peso vivo del animal (g.)
- ✓ Mortalidad
- ✓ Colorimetría de la piel
- ✓ Colorimetría de los tarsos

2.1.7 Medición de las variables

2.1.7.1. Peso vivo del animal

Se registró el peso inicial de los pollos y el peso semanal de cada tratamiento, junto con las réplicas correspondientes, expresadas en gramos, para determinar qué tratamiento proporcionó la mayor ganancia de peso. Esta variable es numérica.

$$\text{Prom. de peso vivo} = \frac{\text{Total del peso de las aves de la UE (g)}}{\# \text{ de animales vivos de la UE}}$$

Ecuación 1 Promedio de peso vivo

2.1.7.2. Mortalidad

Se utilizó una variable numérica expresada en porcentaje (%), donde registramos el número de pollos que murieron semanalmente.

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{\text{Número de pollos muertos}}{\text{Número total de muestra}} \times 100$$

Ecuación 2 Mortalidad

2.1.7.3 Colorimetría de la piel

Esta variable se evaluó mediante una tira colorimétrica, lo que permitió determinar la coloración de la piel de los pollos en los rangos 101-102, 103-104-105-106-107-108. Esta información se obtuvo semanalmente de cada tratamiento con sus réplicas correspondientes. Se trata de una variable cualitativa.

2.1.7.4 Colorimetría de los tarsos

Esta variable se evaluó mediante una tira colorimétrica, lo que permitió determinar la coloración de las patas de los pollos en los rangos 101-102, 103-104-105-106-107-108. Esta información se obtuvo semanalmente de cada tratamiento con sus réplicas correspondientes. Se trata de una variable cualitativa.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Metodología de campo

En este estudio experimental se manipularon los tratamientos para cumplir con los objetivos propuestos, utilizando la metodología descrita por Sánchez et al. (39). El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento sobre la pigmentación de la piel de pollos de engorde en la granja Santa Inés. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 5 tratamientos de 10 pollos cada uno, resultando en un total de 200 pollos de engorde evaluados. Los tratamientos consistieron en T1, T2, T3, T4 y T5, todos formulados con dietas balanceadas.

Este estudio se realizó siguiendo el procedimiento establecido en la Guía de Buenas Prácticas Avícolas (BPA). El galpón, conocido como aspirador sanitario, se limpió y desinfectó a fondo tanto por dentro como por fuera. Esto incluyó el piso y las paredes de concreto, las rejillas metálicas y el techo de zinc. Además, se limpiaron y desinfectaron materiales como ladrillos, bloques, bebederos, comederos y jaulas individuales, entre otros. Las estructuras del galpón, como el piso y las paredes, se cubrieron con una solución de cal, caucho y agua. Una vez seco y blanqueado el galpón, se aplicó una dilución de formalina (20 ml de formalina al 37 % por litro de agua).

Se instalaron cortinas de plástico en el exterior y el interior para reducir las corrientes de aire fuertes. Posteriormente, se colocaron cortinas de cría para cubrir las unidades experimentales. Estas se establecieron con mallas de alambre individuales dispuestas en forma cuadrada, de 25 cm de ancho x 25 cm de largo. Esta medida se mantuvo durante dos semanas, ampliándose 25 cm de lado y así sucesivamente cada semana hasta alcanzar 1 m x 1 m, respectivamente. Durante las primeras semanas del experimento, sus bases se cubrieron con plástico hasta una altura de 10 cm para evitar la propagación a otros tratamientos.

Continuando con el proceso de adaptación, se esparció aserrín previamente desinfectado con formol a una profundidad de 10 cm el cual sirvió como cama para las aves, se instalaron bases sobre las cuales se montaron bebederos y comederos respectivamente para cada una de las unidades experimentales, finalmente se instalaron 2 criadoras como fuente de calor, tres días previos a recibir al ave se asperjó nuevamente dilución de formol para asegurar un adecuado vacío sanitario.

Antes de la recepción de los pollitos, se prepararon los alimentos correspondientes a cada tratamiento. El día de la recepción, se encendieron los calentadores con seis horas de anticipación, logrando una temperatura adecuada de 31 °C. A su llegada, se registró el peso de los pollitos en gramos. Se distribuyeron aleatoriamente, colocando 10 aves en cada unidad experimental (no se determinó su sexo). Se ofreció agua con vitaminas y electrolitos (Elektrovit) a una dosis de un gramo por litro en los bebederos durante los primeros tres días. El alimento se ofreció en los platos y, unos días después, se reemplazaron las tolvas. Se realizó estimulación del apetito de cuatro a cinco veces al día, evitando la alimentación del mediodía.

El control sanitario se basó en un calendario de vacunación básico contra las enfermedades de Gumboro y Newcastle, respetando los plazos de vacunación y revacunación, así como los métodos de administración. A partir del octavo día, se controlaron las temperaturas ajustando la altura de las cortinas interiores en 20 cm hasta su retirada completa. El mismo procedimiento se siguió con las cortinas exteriores. Las camas se movieron a diario para evitar la acumulación de humedad, y se reemplazaron completamente el día 18 debido a su contenido de humedad para evitar posibles lesiones en las patas. Además, se reguló el horario de luz, proporcionando a las aves 24 horas de luz.

La pigmentación tarsal se midió los días 21, 28, 35 y 42, utilizando 10 pollitos seleccionados al azar para minimizar el estrés en las aves en los diferentes tratamientos. Se evaluó el color en el pecho y en la unión de los tarsos, entre las filas central y distal, utilizando una cinta colorimétrica, que indica un tono amarillento.

2.2.2 Metodología para la formulación de balanceados

La dieta balanceada se preparó utilizando Microsoft Excel con la herramienta "Solver", respetando los requerimientos nutricionales de los pollos en las diferentes etapas de crecimiento. Se establecieron ingestas mínimas y máximas, incluyendo fibra, proteína, energía metabolizable, fósforo, calcio, sodio, metionina, treonina y lisina, con base en los datos presentados en el sitio web de FEDNA. Se designó un área del galpón para su conservación, evitando el contacto directo con el piso, la humedad, la luz solar directa y el contacto con plagas. El alimento se colocó en sacos etiquetados para cada tratamiento.

- **Balanceado Inicial (0 – 21 días)**

Para la preparación, se mezclaron los macro ingredientes: maíz molido, harina de soya, harina de arroz, aceite de palma y, posteriormente, los aminoácidos (monoclorhidrato de L-lisina, DL-metionina, L-treonina). Posteriormente, se mezclaron los microingredientes, como el robabium, la premezcla, el fosfato dicálcico, la sal, el carbonato de calcio y el coccidiostato. Tras mezclar bien la mezcla de macro y microingredientes, se añadió zeolita como mezcla final. La fórmula fue isoproteica (19,0 % de proteína bruta) e isoenergética (2875 kcal/kg de EM).

- **Balanceado crecimiento (15-28 días)**

Para preparar este alimento balanceado, se siguió el mismo procedimiento que el mencionado en la introducción. La fórmula fue isoproteica (19,0 % de proteína de suero) e isoenergética (2950 kcal/kg de EM).

- **Balanceado Finalizador (29 – 35 días)**

Está formulado de la misma manera que el alimento de crecimiento, simplemente se diferencia en los porcentajes, el aporte isoproteico fue de 18.0% de PB y el aporte isoenergético fue de 3000 kcal/kg de EM.

2.2.3 Análisis estadístico

Para llevar a cabo el estudio, se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), mediante un análisis unifactorial (ANOVA) para cada variable propuesta en la investigación. Previo a la obtención de los supuestos de normalidad y homogeneidad, para determinar la diferencia entre las medias, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Fisher (LSD) con un nivel de confianza del 95%. Para el análisis de los datos, se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XVII®.

El mismo que estuvo dado por los siguientes tratamientos:

- ✓ **Tratamiento 1 (T1):** Dieta control, sin inclusión de grasa amarilla (100 % aceite de palma).

- ✓ **Tratamiento 2 (T2):** Reemplazo del 25 % de lípidos con grasa amarilla de pollo (75 % aceite de palma).
- ✓ **Tratamiento 3 (T3):** Reemplazo del 50 % de lípidos con grasa amarilla de pollo (50 % aceite de palma).
- ✓ **Tratamiento 4 (T4):** Reemplazo del 75 % de lípidos con grasa amarilla de pollo (25 % aceite de palma).
- ✓ **Tratamiento 5 (T5):** Reemplazo total (100 %) del aceite de palma por grasa amarilla de pollo.

2.2.4 Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable respuesta de interés medida sobre la jésima observación a la cual se aplicó el tratamiento.

μ = Representa la media de la población

T_i = Representa el efecto de los tratamientos (1,2,3,4 y 5)

S_j = Representa el efecto de las semanas de evaluación en los pollos de engorde (1,2,3,4 y 5)

ϵ_{ijk} = Indica el error del experimento sobre la jésima de los tratamientos a la cual se aplicó el iésimo por las semanas.

2.2.5 Hipótesis

Las hipótesis propuestas en función al modelo matemático son:

H_0 = La inclusión de grasa amarilla en la dieta balanceada, no causa un efecto en las variables evaluadas

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu$$

H_1 = La inclusión de grasa amarilla en la dieta amarilla causa un efecto en una o en varias variables evaluadas

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de pesos

Tabla 4. Peso vivo de los pollos

Incremento de la ganancia de peso vivo expresado en gramos, en función de los tratamientos con su respectivo intervalo de confianza LSD.

Tratamiento	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5
1	210,05 ^a	443,73 ^{ab}	862,05 ^{ab}	1332,6 ^a	1821 ^a
2	198,78 ^b	423,15 ^a	804,79 ^a	1338,45 ^{ab}	1876 ^{ab}
3	196,43 ^b	443,18 ^{ab}	865,83 ^{ab}	1340,3 ^{ab}	1964,83 ^{abc}
4	210,15 ^c	488,4 ^c	878,23 ^b	1396,87 ^{ab}	1986,13 ^{bc}
5	180,25 ^c	468,68 ^{bc}	885,55 ^b	1432,27 ^b	2084 ^c
IC	5,30	13,18	32,68	48,38	77,96

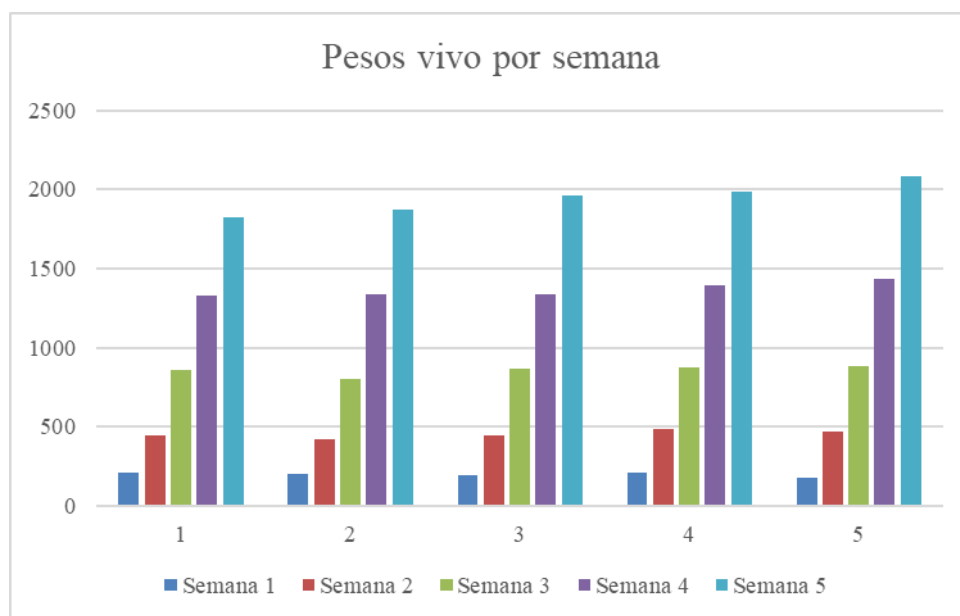


Gráfico 1. Peso de los diferentes tratamientos

La **Tabla 4** y el gráfico de barras del **Gráfico 1** muestran los pesos vivos promedio, que muestran una tendencia creciente en la ganancia de peso a medida que aumentaba el nivel de grasa amarilla en la dieta de los pollos de engorde. El tratamiento T5 (100 % de grasa amarilla) presentó el mayor peso final promedio, superando significativamente al grupo control (T1), alimentado con aceite de palma. Esta diferencia fue estadísticamente significativa según el análisis de varianza y la prueba LSD de Fisher con un nivel de confianza del 95 %. Se puede concluir que la grasa amarilla, al ser una fuente lipídica de alta densidad energética, promueve un mayor crecimiento de peso en los animales.(40)

3.2 Análisis de pigmentación de tarsos

Tabla 5. Promedio de pigmentación de tarsos

Tratamiento	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5
1	102,9 ^a	104 ^a	105,05 ^a	106,05 ^a	106,9 ^a
2	102,1 ^b	102,68 ^b	104,18 ^b	105 ^b	106,11 ^b
3	101,4 ^c	101,98 ^c	102,88 ^c	104,1 ^c	104,98 ^c
4	101,4 ^c	101,43 ^d	101,97 ^d	102,79 ^d	104 ^d
5	101,3 ^c	101,3 ^d	101,23 ^e	102,08 ^e	103,14 ^e
IC	0,14	0,16	0,18	0,19	0,18

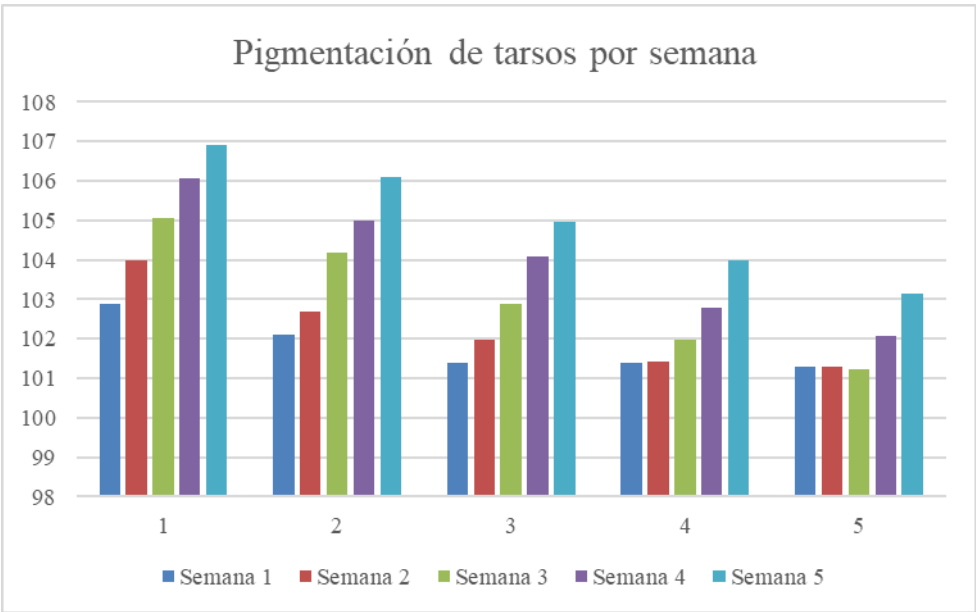


Gráfico 2. Pigmentación de los tarsos de los diferentes tratamientos

Un análisis de la **Tabla 5** y el **Gráfico 2** muestra una disminución progresiva del tono amarillo a medida que aumentaba la proporción de grasa amarilla en la dieta. El grupo T1, que incluía solo aceite de palma, presentó los valores más altos en la escala colorimétrica, lo que sugiere una mayor concentración de pigmentos carotenoides biodisponibles en esta fuente de grasa. En contraste, los tratamientos T4 y T5 mostraron los valores de pigmentación más bajos, siendo visualmente menos intensos y más pálidos.

3.3 Análisis de pigmentación de las pechugas

Tabla 6. Promedio de pigmentación de pechuga

Tratamiento	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5
1	102,95 ^a	103,83 ^a	104,93 ^a	106,05 ^a	106,88 ^a
2	102,05 ^b	102,88 ^b	103,87 ^b	104,84 ^b	105,87 ^b
3	101,35 ^c	101,98 ^c	102,9 ^c	103,92 ^c	104,7 ^c
4	101,23 ^c	101,28 ^d	101,95 ^d	102,98 ^d	104,11 ^d
5	101,2 ^c	101,25 ^d	101,3 ^e	101,97 ^e	102,65 ^e
IC	0,14	0,16	0,17	0,18	0,18

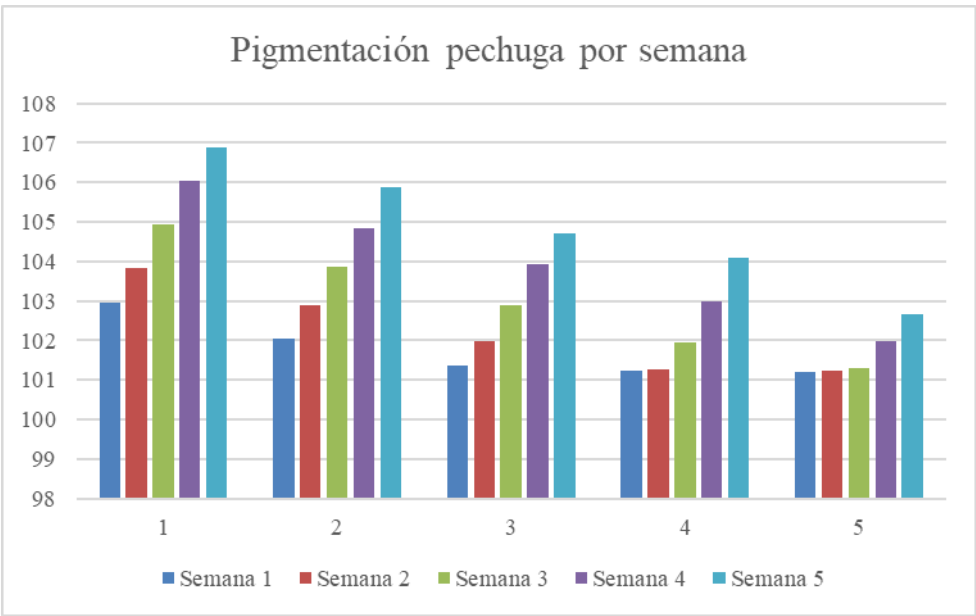


Gráfico 3. Pigmentación de pechuga de los diferentes tratamientos

La **Tabla 6** y el **Gráfico 3** muestran que el tratamiento T1 presentó una coloración amarilla más intensa y homogénea en la región pectoral, mientras que los tratamientos con niveles crecientes de grasa amarilla mostraron una pérdida gradual de pigmentación, alcanzando su punto más bajo en el tratamiento T5. Esta pérdida de color fue estadísticamente significativa y representa un hallazgo clave, ya que reafirma que la grasa amarilla carece de la capacidad pigmentaria esperada, posiblemente debido a la baja disponibilidad o escasa presencia de luteína y zeaxantina activas en su composición.

(41)(42)

3.4 Análisis de mortalidad

Durante la tercera semana, se observaron las primeras muertes: una en el tratamiento T2, réplica 3 (equivalente al 2,5% de ese grupo) y otra en el tratamiento T4, réplica 1 (también al 2,5%). Estas muertes representaron el 1% de la población total evaluada esa semana. En ambas aves, se observó un declive repentino, sin signos clínicos previos destacables, lo que sugiere causas agudas, posiblemente de origen cardiovascular. Una de ellas mostró características compatibles con un probable infarto agudo, asociado a estrés metabólico o predisposición genética.

Durante la cuarta semana, la mortalidad aumentó con tres muertes adicionales, todas dentro del tratamiento T5, dos en la réplica 2 y una en la réplica 3, lo que representa una tasa de mortalidad del 7,5 % dentro de este tratamiento y del 1,5 % del total del experimento. Esta concentración de casos en el grupo con 100 % de inclusión de grasa amarilla plantea la posibilidad de una relación indirecta con el nivel de lípidos ingeridos, lo que podría haber generado alteraciones metabólicas o una acumulación excesiva de grasa visceral, consideradas causas probables de colapso cardiovascular.

En la quinta semana, se registraron dos muertes más: una en el tratamiento T2, réplica 2, y otra en el tratamiento T4, réplica 3. Nuevamente, estas muertes representaron el 2,5 % del total de aves en sus respectivos tratamientos. Sumando todas las semanas, el experimento finalizó con un total de siete aves fallecidas, lo que representa una tasa de mortalidad general del 3,5 %.

Al desglosar la mortalidad por tratamiento, T1 (control) no presentó muertes (0%), T2 tuvo dos muertes (5%), T3 no tuvo ninguna (0%), T4 tuvo dos muertes (5%) y T5 tuvo tres muertes (7.5%). La mayor concentración de muertes en los tratamientos T4 y T5 podría estar asociada a un exceso en la inclusión de grasa amarilla, lo que sugiere la necesidad de evaluar cuidadosamente los límites fisiológicos de su incorporación para evitar una sobrecarga metabólica. Es importante mencionar que todas las muertes ocurrieron de manera dispersa, sin signos clínicos ni patrones epidemiológicos compatibles con enfermedades infecciosas o problemas de manejo, lo que descarta brotes sanitarios y refuerza la hipótesis de un origen cardiovascular o metabólico.

La tasa de mortalidad registrada en el presente estudio fue baja y no comprometió la validez estadística del ensayo. Sin embargo, los datos sugieren que niveles muy altos de

grasa amarilla podrían provocar ciertas complicaciones fisiológicas en aves de rápido crecimiento, ya que la acumulación excesiva de lípidos saturados en los cardiomiocitos contribuye a arritmias, hipertrofia ventricular e insuficiencia cardíaca aguda. Por lo tanto, se recomienda una inclusión moderada y supervisada, especialmente en las etapas finales del engorde. (43)

3.5 Respuesta pigmentaria al GP ORO

A pesar de la inclusión del aditivo pigmentario GP Gold durante las dos últimas semanas del tratamiento T5, no se observó un aumento significativo en la pigmentación de la piel en pollos de engorde. Este resultado se puede explicar por múltiples factores interrelacionados que afectan la eficacia de los carotenoides dietéticos. En primer lugar, la presencia de grasa amarilla oxidada en el alimento podría haber interferido negativamente con la absorción del pigmento. Los carotenoides requieren medios lipídicos estables para una absorción eficiente, y las grasas degradadas pueden disminuir su biodisponibilidad o incluso destruirlos.(44)

Además, el tipo de grasa también influye en la absorción intestinal. No todos los lípidos permiten una micelización y un transporte eficaz de los pigmentos liposolubles, lo que podría haber limitado su llegada a tejidos diana como la piel. A esto se suma el hecho de que el pigmento se administró durante un periodo corto, posiblemente insuficiente para acumular una cantidad visible de pigmento en los tejidos, considerando que este proceso es progresivo y depende de la renovación celular. (45)

Finalmente, factores como el estado metabólico, la tasa de crecimiento y la función hepática de las aves pueden afectar la utilización del pigmento, priorizando otros procesos fisiológicos sobre la pigmentación dérmica. En conjunto, estos factores explican por qué el uso de GP Gold, en este caso específico, no produjo el efecto pigmentante esperado, a pesar de su inclusión en la dieta. (46)

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten un análisis técnico desde la perspectiva de la medicina veterinaria, considerando tanto la respuesta fisiológica de las aves como las implicaciones productivas y comerciales del uso de grasa amarilla en una dieta balanceada. Se demostró que su inclusión progresiva no mejoró la pigmentación de la piel en pollos de engorde; por el contrario, se observó una pérdida gradual de color en las patas y la pechuga, lo cual es relevante considerando que la coloración de la piel es un atributo clave para la aceptación del consumidor. Según Surai y Sparks. (44), la disponibilidad de carotenoides y xantofilas está estrechamente relacionada con el tipo de lípido que los transporta y puede verse afectada negativamente por procesos de oxidación o degradación térmica, como ocurre en las grasas reutilizadas. Esto explicaría por qué la grasa amarilla, aunque puede contener residuos de pigmentos naturales, no produce una coloración evidente en la piel.

Este hallazgo contradice la hipótesis inicial, que sugería un posible efecto pigmentante asociado a la presencia residual de carotenoides. Tal como señalan Leeson y Summers (45), la eficacia pigmentaria depende no sólo de la cantidad de pigmentos, sino también de su biodisponibilidad, que puede verse comprometida si los compuestos han sido sometidos a condiciones térmicas extremas o si el tipo de lípido presente no facilita su absorción intestinal.

A esto se suma un hallazgo importante: el aditivo pigmentario GP Oro se incluyó en el tratamiento T5 durante las dos últimas semanas del ensayo; sin embargo, no se observó un aumento significativo en la pigmentación de la piel. Este resultado sugiere que la simple adición del pigmento no garantiza un efecto visual si existen factores que limitan su acción. Entre estos factores, destaca la presencia de grasa amarilla oxidada, que puede interferir con la absorción intestinal de carotenoides al alterar la micelización.

Asimismo, según Surai (44) el corto período de suplementación, posiblemente insuficiente para lograr una acumulación tisular visible, y factores como el estado metabólico, la tasa de crecimiento y la función hepática de las aves podrían haber limitado la deposición de pigmento dérmico. En conjunto, estos factores explican por qué GP Oro no produjo el efecto pigmentario esperado, a pesar de su correcta incorporación a la dieta.

En cambio, la grasa amarilla demostró ser eficaz como fuente de energía, promoviendo la ganancia de peso vivo sin comprometer la salud de las aves ni la mortalidad. Esto se debe a su alto contenido calórico y a su capacidad de metabolizarse eficientemente como una fuente de energía densa. Desde una perspectiva veterinaria y de producción, este resultado valida su uso en sistemas que priorizan la eficiencia alimentaria y el crecimiento rápido, especialmente en contextos donde el costo del alimento es un factor limitante.

De acuerdo con el Alberts (47) las grasas en las dietas de aves representan una fuente concentrada de energía capaz de mejorar la conversión alimenticia, siempre que su inclusión sea manejada de manera técnica y equilibrada.

Sin embargo, su aplicación debe evaluarse en función del propósito comercial del producto. En mercados que valoran la pigmentación intensa de la piel, la grasa amarilla puede representar una desventaja en comparación con otras fuentes de lípidos como el aceite de palma, que sí demostró un efecto pigmentante superior gracias a su mayor contenido de β -caroteno y su estabilidad frente a la oxidación. Por otro lado, el uso de grasa amarilla como subproducto reciclado aporta valor desde una perspectiva ecológica, ya que se alinea con los principios de sostenibilidad y economía circular. Como señalan González-Alvarado (48), la elección de los ingredientes y su procesamiento influyen tanto en la eficiencia digestiva como en la sostenibilidad del sistema de producción. Por lo tanto, el uso de grasa amarilla puede representar una alternativa responsable con el medio ambiente, siempre que se equilibre con las demandas comerciales y los objetivos de producción.

V. CONCLUSIÓN

Con base en los resultados de este estudio, se concluye que la inclusión de grasa amarilla en la dieta balanceada de pollos de engorde no promueve la pigmentación de la piel ni de las patas. Por el contrario, su adición gradual disminuye la intensidad del color amarillo, lo cual es un aspecto desfavorable en contextos de comercialización en Ecuador, donde el color de la piel se asocia con frescura, calidad y valor nutricional. Esta falta de pigmentación, en contraste con el efecto positivo observado en tratamientos con aceite de palma, demuestra que la grasa amarilla, a pesar de su contenido de compuestos carotenoides, no proporciona un efecto visual adecuado en la canal. Sin embargo, se demostró que este ingrediente tiene un impacto positivo en el desarrollo del peso de las aves. Los tratamientos con niveles más altos de grasa amarilla mostraron aumentos significativos en la ganancia de peso, lo que sugiere que es una fuente de energía eficiente y económica.

Por lo tanto, la grasa amarilla puede considerarse un insumo alternativo viable en sistemas de producción donde el rendimiento del peso corporal prioriza la apariencia de las aves. Además, representa una opción sostenible, ya que promueve el reciclaje de subproductos y reduce el impacto ambiental de los residuos orgánicos. En consecuencia, esta investigación establece que, si bien no se recomienda el uso de grasa amarilla con fines de pigmentación, es factible integrarla en formulaciones orientadas al crecimiento eficiente, especialmente en mercados donde la estética de la piel no es un factor determinante en la compra. Estas conclusiones brindan apoyo técnico para la toma de decisiones en el diseño de dietas balanceadas, promoviendo una producción más económica, productiva y ambientalmente responsable.

VI. RECOMENDACIONES

Con base en los hallazgos y análisis técnico de esta investigación, se recomienda utilizar grasa amarilla como reemplazo máximo del 75% como fuente alternativa de energía en la formulación de dietas para pollos de engorde, especialmente en sistemas de producción donde se prioriza la ganancia de peso sobre la apariencia del producto final.

Para solucionar el problema de la pigmentación, se recomienda suplementar con una dosis adecuada de pigmentos naturales ricos en carotenos, como extractos de cempasúchil (*Tagetes erecta*), harina de alfalfa o productos de maíz amarillo, que contienen altos niveles de xantofilas como la luteína y la zeaxantina. Estos compuestos han demostrado ser altamente efectivos para intensificar el color amarillo de la piel y las patas de los pollos de engorde, mejorando así la presentación del producto final. La inclusión estratégica de estos pigmentos permitiría aprovechar los beneficios energéticos de la grasa amarilla sin sacrificar la calidad visual de la canal, especialmente en mercados donde la pigmentación es un valor agregado esencial.

Desde una perspectiva económica, la grasa amarilla representa una alternativa económica, útil para reducir los costos de producción, especialmente en fases de alto consumo energético avícola. También se sugiere impulsar la investigación complementaria para evaluar la combinación de grasa amarilla con aditivos pigmentarios naturales, a fin de equilibrar el rendimiento productivo con la estética del ave. Finalmente, es importante considerar el origen, la calidad y la inocuidad de la grasa utilizada, garantizando que provenga de fuentes controladas y aptas para la alimentación animal. En contextos de producción sostenible, su inclusión puede alinearse con los principios de la economía circular y la gestión de residuos, lo que beneficia tanto al productor como al medio ambiente.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Mero U, Baduy A. Producción avícola y su incidencia en el desarrollo económico del cantón olmedo, provincia de manabí poultry production and its impact on the economic development of olmedo canton, manabí province [internet]. Vol. 3, Cárdenas; / Journal Business Science. 2022. Available from: https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/business_science LicenciadeCreativeCommons
2. Youssef A. Attiaa Maahmakmms. Evaluation of the broiler meat quality in the retail market: Effects of type and source of carcasses. 2016;
3. Manuel Orduña-Hernández H, Salinas-Chavira J, Francisco Montaña-Gómez M, Infante-Rodríguez F, Maritza Manríquez-Núñez O, De La Luz Vázquez-Sauceda M, et al. Effect of frying fat substitution by vegetable oil and energy concentration on diets for productive performance of broilers. 2015;
4. David Farrell. Poultry development review. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013.
5. Palma-Avellán A, Sabando-Mendoza E. Producción y consumo avícola en Manabí. Una comparación interna entre demanda y consumo. 593 Digital Publisher CEIT. 2023 May 2;8(3):777–93.
6. Jesús Mezones-Santana J, Li SK, Julia A, Iii AU. Valoración de la filosofía de economía circular en una producción avícola de Ecuador Assessment of the circular economy philosophy in a poultry production in Ecuador [Internet]. 2022. Available from: <http://www.rii.cujae.edu.cu>
7. Mero U, Baduy A. Producción avícola y su incidencia en el desarrollo económico del cantón olmedo, provincia de manabí poultry production and its impact on the economic development of olmedo canton, manabí province [internet]. Vol. 3, Cárdenas; / Journal Business Science. 2022. Available from: https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/business_science LicenciadeCreativeCommons
8. Cesari V, Zucali M, Sandrucci A, Tamburini A, Bava L, Toschi I. Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. J Clean Prod. 2017 Feb 1;143:904–11.
9. Kjærup RB, Juul-Madsen HR, Norup LR, Sørensen P, Dalgaard TS. Comparison of growth performance and immune parameters of three commercial chicken lines used in organic production. Vet Immunol Immunopathol. 2017 May 1;187:69–79.
10. Diana M, Soler F&, Jorge A, Fonseca C. Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores Sustainable production of broiler chicken and laying hen: bibliographical review and proposal of a model for small producers. 2011.
11. Fonseca-García I, Escalera-Valente F, Martínez-González S, Carmona-Gasca CA, Gutiérrez-Arenas DA, Ávila-Ramos F. Effect of oregano oil dietary supplementation on production parameters, height of intestinal villi and the antioxidant capacity in the breast of broiler. Austral J Vet Sci. 2017;49:83–9.

12. Van Loo EJ, Caputo V, Nayga RM, Meullenet JF, Ricke SC. Consumers' willingness to pay for organic chicken breast: Evidence from choice experiment. *Food Qual Prefer.* 2011 Oct;22(7):603–13.
13. He S, Ren T, Lin W, Yang X, Hao T, Zhao G, et al. Identification of candidate genes associated with skin yellowness in yellow chickens. *Poult Sci.* 2023 Apr 1;102(4).
14. Leng D, Yang M, Miao X, Huang Z, Li M, Liu J, et al. Dynamic changes in the skin transcriptome for the melanin pigmentation in embryonic chickens. *Poult Sci.* 2025 Jan 1;104(1).
15. Wang S, Zhang L, Li J, Cong J, Gao F, Zhou G. Effects of dietary marigold extract supplementation on growth performance, pigmentation, antioxidant capacity and meat quality in broiler chickens. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2017 Jan 1;30(1):71–7.
16. Rodríguez B, Vázquez Y, Valdivié M, Herrera M. Evaluation of maize distillers dried grains with solubles in the feeding of White Leghorn L-33 laying hens Evaluación de granos secos de destilería con solubles de maíz en la alimentación de gallinas ponedoras White Leghorn L-33. Vol. 50, *Cuban Journal of Agricultural Science.* 2016.
17. Peña MM, Cuevas AC, Avila González E. Evaluation of three pigment levels of marigold petals (*Tagetes erecta*) on skin pigmentation of broiler chicken. Vol. 42, *Pecu Méx.* 2004.
18. Frade-Negrete NJ, Hernández-Velasco X, Fuente-Martínez B, Quiroz-Pesina M, Ávila-González E, Tellez G. Effect of the infection with *Eimeria acervulina*, *E. maxima* and *E. tenella* on pigment absorption and skin deposition in broiler chickens # [Internet]. Vol. 48, *Arch Med Vet.* 2016. Available from: <http://en.aviagen.com/assets/>
19. Wu J, Lin Z, Chen G, Luo Q, Nie Q, Zhang X, et al. Characterization of Chicken Skin Yellowness and Exploration of Genes Involved in Skin Yellowness Deposition in Chicken. *Front Physiol.* 2021 Mar 31;12.
20. Beckford RC, Bartlett JR. Inclusion levels of sweet potato root meal in the diet of broilers I. Effect on performance, organ weights, and carcass quality. *Poult Sci.* 2015 Mar 2;94(6):1316–22.
21. Arunkumar R, Gorusupudi A, Bernstein PS. The macular carotenoids: A biochemical overview. Vol. 1865, *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids.* Elsevier B.V.; 2020.
22. Plegier L, Weindl PN, Weindl PA, Carrasco LS, Leitao C, Zhao M, et al. Effects of increasing alfalfa (*Medicago sativa*) leaf levels on the fattening and slaughtering performance of organic broilers. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2020 Sep 1;104(5):1317–32.
23. Navarrete-Bolaños JL, Rangel-Cruz CL, Jiménez-Islas H, Botello-Alvarez E, Rico-Martínez R. Pre-treatment effects on the extraction efficiency of xanthophylls from marigold flower (*Tagetes erecta*) using hexane. *Food Research International.* 2005 Mar;38(2):159–65.
24. Chacón-Villalobos A, Salas-Durán C, Zamora-Sánchez L. Harina de cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras: efectos en el huevo. *Agronomía Mesoamericana.* 2015 Dec 9;27(1):81.

25. Beltrán B, Estévez R, Cuadrado C, Jiménez S, Alonso BO. Base de datos de carotenoides para valoración de la ingesta dietética de carotenos, xantofilas y de vitamina a; utilización en un estudio comparativo del estado nutricional en vitamina a de adultos jóvenes. *Nutr Hosp.* 2012;27(4):1334–43.
26. Mohamed A. Korish. Evaluación de la calidad de la carne de pollo. 2021;
27. Kuzmicky DD, Livingston AL, Knowles RE, Kohler GO, Guenther E, Olson OE, et al. Xanthophyll Availability of Alfalfa Leaf Protein Concentrate (Pro-Xan) for Broilers and Laying Hens. 2023.
28. Marusich and J. C. Bauernfeind. Oxycarotenoids in Poultry Pigmentation. 2020;
29. Cui H, Wang Y, Zhu Y, Liu X, Liu L, Wang J, et al. Genomic insights into the contribution of de novo lipogenesis to intramuscular fat deposition in chicken. *J Adv Res.* 2024 Nov 1;65:19–31.
30. Mesas AE, Fernández-Rodríguez R, Martínez-Vizcaíno V, López-Gil JF, Fernández-Franco S, Bizzozero-Peroni B, et al. Organic Egg Consumption: A Systematic Review of Aspects Related to Human Health. Vol. 9, *Frontiers in Nutrition*. Frontiers Media S.A.; 2022.
31. Yoshizawa RU. The road to color vision: structure, evolution and function of chicken and gecko visual pigments. Vol. 56. 2021.
32. Hwang KN, Tung HP, Shaw HM. Beyond the recycle of raw chicken fat. *J Oleo Sci.* 2020;69(3):199–206.
33. Cuca M, Pino JA, Mendoza C. El uso de pigmentos en la alimentación de las aves. 2019.
34. Shi H, Deng X, Ji X, Liu N, Cai H. Sources, dynamics in vivo, and application of astaxanthin and lutein in laying hens: A review. Vol. 13, *Animal Nutrition*. KeAi Communications Co.; 2023. p. 324–33.
35. Castañeda MP, Hirschler EM, Sams AR. Skin Pigmentation Evaluation in Broilers Fed Natural and Synthetic Pigments. 2020.
36. Huang R, Deng X, Wu J, Luo W. Genetic and metabolic factors influencing skin yellowness in yellow-feathered broilers. *Poult Sci.* 2025 Jan 1;104(1).
37. Sun J, Tan X, Yang X, Bai L, Kong F, Zhao G, et al. Identification of Candidate Genes for Meat Color of Chicken by Combining Selection Signature Analyses and Differentially Expressed Genes. *Genes (Basel).* 2022 Feb 1;13(2).
38. Qaid MM, Al-Mufarrej SI, Al-Garadi MA, Al-Abdullatif AA, Alqhtani AH, Alhotan RA, et al. Meat fatty acids profile including metabolic, qualitative, nutritional indices, and organoleptic evaluation as affected by Rumex nervosus leaves meal fortified broiler diets. *Ital J Anim Sci.* 2023;22(1):1050–66.
39. Sánchez-Quinche AR, Ibáñez-Loja AM, Dean-Gutiérrez DB. Use of *Plectranthus amboinicus* in chickens and its effect on productive and economic parameters. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias.* 2023 Sep 27;XXXIII(2):1–7.
40. Hirschler EM, Sams AR. Skin Pigmentation Evaluation in Broilers Fed Natural and Synthetic Pigments. 2021.

41. Rajput N, Naeem M, Ali S, Rui Y, Tian W. Effect of Dietary Supplementation of Marigold Pigment on Immunity, Skin and Meat Color, and Growth Performance of Broiler Chickens. 2022.
42. Kamran J, Mehmood S, Mahmud A, Saima. Effect of fat sources and emulsifier level in broiler diets on performance, nutrient digestibility, and carcass parameters. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola / Brazilian Journal of Poultry Science*. 2020;22(1).
43. Rotter B, Guenter W, Boycott BR. Sudden Death Syndrome in Broilers: Dietary Fat Supplementation and Its Effect on Tissue Composition 1. 2019.
44. Surai PF, Speake BK, Sparks NHC. Carotenoids in Avian Nutrition and Embryonic Development. 2. Antioxidant Properties and Discrimination in Embryonic Tissues. *Journal of Poultry Science*. 2001;38(1):1–27.
45. Leeson Steven, Summers JD. Commercial poultry nutrition. University Books; 2005.
46. Alberts BM. Subcommittee on Poultry Nutrition. Nutrient requirements of poultry / Subcommittee on Poultry Nutrition [Internet]. Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture. 1994. Available from: <http://www.nap.edu/catalog/2114.html>
47. Alberts BM. Subcommittee on Poultry Nutrition. Nutrient requirements of poultry / Subcommittee on Poultry Nutrition [Internet]. Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture. 1994. Available from: <http://www.nap.edu/catalog/2114.html>
48. Jiménez-Moreno E, González-Alvarado JM, Lázaro R, Mateos GG. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poult Sci*. 2009;88(9):1925–33.

VIII. ANEXOS



Anexo 1: Limpieza y desinfección del galpón



Anexo 2: Desinfección del galpón



Anexo 3: Tolda para protección del frío



Anexo 4: Adecuación de calentadora



Anexo 5: Regleta colorimétrica



Anexo 6: Elaboración de balanceado previo a la llegada de los pollos



Anexo 7: Medición de pigmentación de pechuga



Anexo 8: Galpon de los pollos durante sus primeros días



Anexo 9: Medición de pigmentación de tarsos



Anexo 10: Medición de pigmentación de tarsos



Anexo 11: Galpón durante la 5ta semana



Anexo 12: Pesaje semanal de los pollos



Anexo 13: Seguimiento semanal por parte del tutor



Anexo 14: Elaboración de balanceado



Anexo 15: Última revisión por parte del tutor