



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“UTILIZACIÓN DE CÚRCUMA Y ACHIOTE EN DIETAS DE  
POLLO DE ENGORDE COMO PIGMENTANTES”**

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Médica Veterinaria**

**Autora:**

Gálvez Alegría Daniela Elizabeth

**Tutora:**

Silva Déley Lucia Monserrath

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Julio 2025**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Gálvez Alegría Daniela Elizabeth, con cédula de ciudadanía No. 1726684374, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“UTILIZACIÓN DE CÚRCUMA Y ACHIOTE EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDE COMO PIGMENTANTES”**, siendo la Ingeniera Mg. Lucía Monserrath Silva Déley, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 21 de julio del 2025



Daniela Elizabeth Gálvez Alegría  
C.C: 1726684374  
**ESTUDIANTE**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GÁLVEZ ALEGRÍA DANIELA ELIZABETH**, identificada con cédula de ciudadanía **1726684374** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“UTILIZACIÓN DE CÚRCUMA Y ACHIOTE EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDE COMO PIGMENTANTES”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2020 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Tutora: Ing. Lucía Monserrath Silva Déley, Mg.

Tema: **“UTILIZACIÓN DE CÚRCUMA Y ACHIOTE EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDE COMO PIGMENTANTES”**

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA. -** Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.


**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de julio del 2025.

  
Daniela Elizabeth Gálvez Alegría  
**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

**“UTILIZACIÓN DE CÚRCUMA Y ACHIOTE EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDE COMO PIGMENTANTES”**, de Gálvez Alegría Daniela Elizabeth, de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 21 de julio del 2025



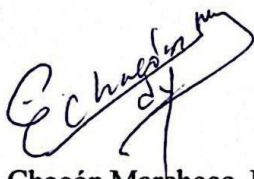
Ing. Lucía Monserrath Silva Déley, Mg.  
C.C: 060293367-3  
**DOCENTE TUTORA**

### **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

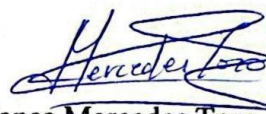
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Gálvez Alegría Daniela Elizabeth, con el título del Proyecto de Investigación: **“UTILIZACIÓN DE CÚRCUMA Y ACHIOTE EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDE COMO PIGMENTANTES”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 21 de julio del 2025



Dr. Edilberto Chacón Marcheco, Ph.D.  
C.I: 1756985691  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Dra. Blanca Mercedes Toro Molina, Mg.  
C.C: 0501720999  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Dr. Rafael Alonso Garzón Jarrín, Ph.D.  
C.C: 0501097224  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por ser el espacio donde crecí tanto académica como humanamente, y por brindarme las herramientas necesarias para construir mi formación profesional. A cada uno de los docentes que me guiaron a lo largo de esta etapa tan especial de mi vida, quienes, con sus conocimientos, experiencias y vocación, despertaron mi admiración por esta carrera. Gracias por convertirse en referentes profesionales y personales, y por brindarme no solo enseñanzas académicas, sino también apoyo y orientación en momentos clave.*

*A mi familia, por ser mi pilar fundamental y brindarme su apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso. Su paciencia, amor y comprensión han sido la fuerza que me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.*

*A la Ingeniera Lucía Silva, mi tutora de tesis, por su paciencia, dedicación y compromiso durante todo este proceso. Su guía constante, sus valiosos aportes y su confianza en mi trabajo fueron fundamentales para culminar esta investigación con éxito.*

***Daniela Elizabeth Gálvez Alegría***

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, porque sin ellos nada de esto hubiera sido posible. Gracias por su apoyo incondicional, por confiar siempre en mí y por brindarme su amor constante durante todo este proceso. Han sido mi mayor fortaleza en los momentos difíciles y el pilar fundamental que sostiene cada uno de mis sueños. Su paciencia, sacrificios y enseñanzas me han guiado y motivado a seguir adelante, y por eso les estaré eternamente agradecida.*

*A mis abuelitos, quienes siempre me han brindado los mejores consejos y su cariño incondicional a lo largo de mi vida. Su sabiduría, amor y apoyo han sido un regalo invaluable que siempre llevaré conmigo.*

*A mi novio Carlos, junto a quien comencé y culminé esta etapa universitaria. Gracias por haber sido mi motivación constante, mi compañero de estudios, de desvelos y de vida. Por tu apoyo, tu paciencia y tu amor, que me acompañaron en cada paso. Espero que sigamos construyendo juntos muchos más logros y sueños compartidos.*

*A mis amigas Melanie, Angelica, Evelyn y Melissa, con quienes compartí todo tipo de momentos. Gracias por escucharme cuando más lo necesité y por brindarme su apoyo incondicional y ayudarme a mantenerme centrada. Siempre llevaré su amistad en mi corazón.*

*A mis mascotas, Félix, Nina y Junior, por estar junto a mí en cada noche sin dormir, por acompañarme en silencio cuando más lo necesitaba y hacerme sentir que nunca estaba sola. Su compañía y su cariño incondicional fueron parte importante de este camino.*

***Daniela Elizabeth Gálvez Alegría***

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

### **TÍTULO: “UTILIZACIÓN DE CÚRCUMA Y ACHIOTE EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDE COMO PIGMENTANTES”.**

**Autora:**  
**Gálvez Alegría Daniela Elizabeth**

#### **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia de la inclusión de pigmentantes naturales, específicamente harina de cúrcuma y de achiote, en la dieta de aves de engorde pertenecientes a la línea genética Cobb 500 con el propósito de mejorar la pigmentación de la piel y optimizar parámetros productivos relevantes en la avicultura. Esta propuesta respondió a la creciente necesidad del sector agropecuario de implementar alternativas naturales y saludables que no solo mejoren la calidad del producto final, sino que también satisfagan las demandas de un mercado enfocado en el consumo responsable y libre de aditivos artificiales. Asimismo, la investigación buscó generar un aporte en beneficio de los pequeños y medianos productores avícolas pertenecientes a la parroquia de Uyumbicho, provincia Pichincha, Ecuador, quienes enfrentan dificultades para posicionar sus productos en un mercado competitivo y saturado. A través de un enfoque experimental, se desarrollaron y aplicaron cuatro tratamientos alimenticios: T0 (dieta base), T1 (2% de cúrcuma), T2 (2% de achiote) y T3 (1% de cúrcuma + 1% de achiote), distribuidos aleatoriamente entre 100 pollos de 8 días de edad durante un período experimental de seis semanas. Se empleó un enfoque de Diseño Completamente al Azar (DCA) para la distribución de los tratamientos, lo que permitió una evaluación precisa y confiable de variables tales como el peso semanal, la ganancia de peso semanal, la eficiencia de conversión alimenticia, el índice de mortalidad y el rendimiento en canal. Al finalizar el experimento, se evaluó la pigmentación de la piel utilizando una tabla de color estandarizada, lo que permitió medir de manera objetiva el efecto de los pigmentantes naturales sobre la apariencia externa de las aves. Los resultados mostraron que la inclusión de cúrcuma y achiote, ya sea de manera individual o combinada, tuvo efectos positivos en la pigmentación cutánea y, en algunos casos, en los indicadores productivos, demostrando su potencial como aditivos funcionales naturales.

**Palabras clave:** Cúrcuma, achiote, pollos de engorde, pigmentación de la piel, parámetros productivos, aditivos naturales, avicultura.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

## FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

### TITLE: “USE OF TURMERIC AND ANNATTO IN BROILER CHICKEN DIETS AS PIGMENTS”

**Author:**

**Daniela Elizabeth Gálvez Alegría**

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of including natural pigments, specifically turmeric and annatto powder, in the diet of broiler chickens of the Cobb 500 genetic line with the purpose of improving skin pigmentation and optimizing productive parameters relevant to poultry farming, this proposal responded to the growing need of the agricultural sector to implement natural and healthy alternatives that not only improve the quality of the final product but also meet the demands of a market focused on responsible consumption and free from artificial additives, likewise, the research aimed to provide support for small and medium poultry producers from the parish of Uyumbicho, Pichincha province, Ecuador, who face challenges in positioning their products in a competitive and saturated market, through an experimental approach, four feed treatments were developed and applied: T0 (base diet), T1 (2% turmeric), T2 (2% annatto), and T3 (1% turmeric + 1% annatto), randomly distributed among 100 eight-day-old chickens over a six-week experimental period, a Completely Randomized Design (CRD) was used for treatment distribution, allowing for accurate and reliable evaluation of variables such as weekly weight, weekly weight gain, feed conversion efficiency, mortality rate, and carcass yield, at the end of the experiment, skin pigmentation was evaluated using a standardized color chart, enabling an objective measurement of the effect of natural pigments on the external appearance of the birds, the results showed that the inclusion of turmeric and annatto, whether individually or combined, had positive effects on skin pigmentation and, in some cases, on productive indicators, demonstrating their potential as natural functional additives.

**Keywords:** Turmeric, annatto, broiler chickens, skin pigmentation, productive parameters, natural additives, poultry farming.

#### ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
------------------------------	----

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	vii
<i>DEDICATORIA</i> .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
3.1. Directos .....	3
3.2. Indirectos.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. OBJETIVOS .....	5
5.1. Objetivo General .....	5
5.2. Objetivos Específicos.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA .....	6
7.0. Aplicación de pigmentantes naturales en la producción avícola: base científica y técnica .....	6
7.1. Sistema digestivo en pollos .....	6
7.2. Alimentación en aves de engorde .....	7
7.3. Nutrición en pollos de engorde .....	7
7.4. Principios nutritivos en pollos de engorde .....	7
7.5. Dietas avícolas .....	7

7.6	Parámetros productivos de las aves .....	8
7.6.1.	Impacto económico de la pigmentación de piel de pollos .....	8
7.6.2.	Influencia de cúrcuma y achiote en parámetros productivos .....	8
7.7.	Colorantes .....	9
7.1.1	Colorantes artificiales en la alimentación animal .....	9
7.1.2	Colorantes naturales en la alimentación animal .....	9
7.1.3	Biodisponibilidad y absorción de carotenoides en pollos .....	9
7.8.	Carotenoides .....	10
7.8.1.	Carotenoides en la dieta de aves de corral .....	10
7.8.2.	Efectos nutracéuticos de los pigmentantes naturales .....	10
7.9.	Xantofilas en la pigmentación de aves.....	11
7.10.	Achiote .....	11
7.10.1.	Colorantes naturales del achiote .....	11
7.10.2.	Propiedades del achiote .....	12
7.11.	Cúrcuma .....	12
7.11.1.	Curcumina .....	12
7.11.2.	Efectos biológicos de la curcumina .....	13
7.11.3.	Curcumina en la producción animal.....	13
7.11.4.	Sinergia entre fitobióticos y pigmentación.....	13
7.12.	Fitobióticos .....	13
7.13.	Métodos de evaluación del color de la piel en pollos .....	14
7.14.	Abanicos y escalas colorimétricas en pollos de engorde .....	14
7.15.	Escalas fotográficas para evaluar pigmentación en aves .....	14
7.16.	Factores que influyen en la pigmentación de los pollos .....	15
7.17.	Importancia de utilizar recursos naturales locales como el achiote y la cúrcuma .....	15
8.	VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	15
8.1.	Hipótesis nula ( $H_0$ ): .....	15
8.2.	Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): .....	16

9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	16
9.1. Ubicación .....	16
9.1.1 Ubicación Geográfica .....	16
9.1.2 Datos meteorológicos .....	16
9.2. Duración de la investigación .....	17
9.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
9.3.1 Enfoque de la investigación .....	17
9.3.2 Tipo de investigación .....	17
9.3.3 Métodos de investigación .....	17
9.3.4 Técnicas de investigación.....	18
9.3.5 Instrumentos de investigación .....	18
9.3.6 Diseño experimental .....	18
9.4. Análisis estadístico.....	19
9.5. PROCEDIMIENTO .....	20
9.5.1 Etapas de preparación y limpieza del galpón .....	20
9.5.2 Obtención de las materias primas: .....	21
9.5.3 Manejo de las unidades experimentales .....	21
9.5.4 Programa de vacunación .....	24
9.5.5 Variables evaluadas .....	24
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	27
10.1. Análisis bromatológico de la cúrcuma en polvo: .....	27

10.2. Análisis bromatológico del achiote en polvo: .....	28
10.3. Análisis de las variables productivas de los pollos de engorde .....	29
10.3.1 Peso promedio semanal (gramos/ave) .....	30
10.3.2 Ganancia semanal de peso (gramos/ave) .....	32
10.3.3 Consumo de alimento semanal (gramos/ave).....	34
10.3.4 Conversión alimenticia semanal (gramos/ave) .....	35
10.3.5 Rendimiento a la canal .....	36
10.3.6 Porcentaje de mortalidad durante la investigación .....	39
10.4. Evaluación de pigmentación cutánea de los pollos de engorde .....	39
10.5. Análisis beneficio-costo .....	41
11. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
11.1. Impacto técnico .....	42
11.2. Impacto social .....	42
11.3. Impacto ambiental .....	43
11.4. Impacto económico .....	43
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
12.1. Conclusiones .....	43
12.2. Recomendaciones .....	44
13. BIBLIOGRAFÍA .....	45
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> Tabla 1 Esquema tratamientos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 2 Calendario de vacunación .....	24
Tabla 3 Análisis bromatológico cúrcuma.....	27
Tabla 4 Análisis bromatológico achiote.....	28
Tabla 5 Peso promedio por tratamiento .....	30
Tabla 6 Ganancia de peso promedio por tratamiento.....	32
Tabla 7 Consumo semanal de alimento promedio por tratamiento.....	34
Tabla 8 Conversión alimenticia por tratamiento .....	35
Tabla 9 Rendimiento a la canal por tratamiento .....	37
Tabla 10 Mortalidad por tratamiento.....	39
Tabla 11 Egresos, ingresos y relación B/C .....	41



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:** “Utilización de cúrcuma y achiote en dietas de pollo de engorde como pigmentantes”

**Fecha de inicio:** 30/10/2024

**Fecha de finalización:** 27/01/2025

**Lugar de ejecución:** Barrio Villa Lola, parroquia Uyumbicho, Cantón Mejía, provincia de Pichincha.

**Facultad que auspicia:** Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Medicina Veterinaria

**Proyecto de investigación vinculado:** Recursos Zoogenéticos Locales, conservación y desarrollo sostenible.

**Equipo de Trabajo:**

**Estudiante:** Daniela Elizabeth Gálvez Alegría (Anexo 1)

**Tutor:** Ing. Mg. Lucía Monserrath Silva Déley (Anexo 2) **Área**

**de Conocimiento:**

Agricultura **Sub**

**área:**

Veterinaria

**Línea de investigación:**

Producción y biotecnología animal

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Producción Animal y Nutrición

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El Instituto Latinoamericano del Pollo (1), menciona que en 2018 los países de América del Sur contribuyeron con aproximadamente 21.2 millones de toneladas métricas de carne de pollo, lo que representó el 80 % del total producido en la región. Este aporte evidencia el fuerte dinamismo que ha caracterizado a la industria avícola sudamericana durante los últimos cinco años.

En este contexto, se han desarrollado líneas comerciales de pollos con alta capacidad productiva, caracterizadas por sus ciclos de vida cortos y elevados índices de conversión alimenticia, lo que las convierte en el subsector ganadero de más rápido crecimiento, con el objetivo de satisfacer la creciente demanda mundial de proteínas de origen animal (2). En los hogares ecuatorianos, el consumo de carne de pollo ha experimentado un notable aumento. Estudios realizados por CONAVE señalan que este alimento era consumido entre dos y tres veces por semana, principalmente por su bajo costo. Con base en los datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (ESPAC), las principales provincias productoras de pollos de engorde en Ecuador son Pichincha, Guayas, El Oro, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí e Imbabura (3).

A nivel individual, el consumo per cápita mostró un crecimiento del 400 %, al pasar de 7 kg por persona al año en 1990 a 35 kg por persona al año en 2013.

Los sistemas avícolas familiares, rurales y de pequeña escala continúan siendo esenciales para el sostenimiento de los hogares en naciones en desarrollo, ya que permiten el acceso a productos avícolas en zonas rurales y ofrecen un respaldo importante a quienes trabajan en el sector agrícola (4).

La avicultura a pequeña escala continúa siendo un recurso económico significativo y una vía para mejorar la alimentación en el entorno rural. En Ecuador, el sector avícola produce alrededor de 480 mil toneladas de carne de pollo cada año, lo cual representa una contribución importante a la economía del país y da empleo directo a aproximadamente 300 mil personas en todo el territorio nacional. La producción avícola, específicamente de pollos de engorde, contribuye de manera significativa al sector, formando parte de una industria cuyo valor anual supera los 800 millones de dólares estadounidenses, representando el 24% de la producción agrícola nacional (5).

A nivel económico, representa una opción más rentable criar animales que presenten una pigmentación adecuada, dado que tienen una mayor aceptación entre los consumidores. Esto abre posibilidades significativas para los productores de aves de engorde, ya que estos pollos

obtienen un valor agregado debido a su coloración, lo que resulta en mayores ganancias y menores pérdidas en la producción (6).

Mulet J (7), profesional en Biotecnología formado en la Universidad Politécnica de Valencia, menciona que la carne de los pollos con una coloración más amarillenta resulta más atractiva al ojo del consumidor, puesto que lo relacionan como indicativo de crianza adecuada de las aves. Para satisfacer esta preferencia, los productores han optado por emplear pigmentantes artificiales, los cuales plantean riesgos para la salud tanto humana como animal, además de generar efectos negativos en el entorno natural. Por ello, esta propuesta representa una contribución significativa para la industria avícola, al proporcionar una opción de pigmentación natural para la carne de pollo, que es segura para los consumidores y para el medio ambiente.

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **3.1. Directos**

- Productores avícolas de la parroquia Uyumbicho, que podrán implementar las dietas optimizadas para mejorar la calidad y productividad.
- Técnicos y veterinarios que trabajan con los productores, quienes podrán aplicar los resultados para asesorar mejor en la alimentación y manejo.

#### **3.2. Indirectos**

- Consumidores de carne de pollo, quienes se beneficiarán indirectamente de mejoras en la producción avícola local.
- Comerciantes y mercados locales, que podrían ver incrementadas las ventas gracias a una producción avícola más eficiente.

### **4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El uso de aditivos sintéticos para la coloración de los pollos de engorde puede plantear varios problemas significativos que afectan la salud pública, la sanidad animal y el equilibrio ecológico. A medida que la industria avícola busca satisfacer las demandas del mercado por pollos con una coloración amarillenta atractiva, se enfrenta al desafío de elegir entre aditivos sintéticos y naturales. La elección de colorantes sintéticos, aunque es efectiva para lograr el efecto colorante deseado, conlleva varias desventajas que requieren ser abordadas.

Existen evidencias científicas que indican que algunos colorantes pueden poseer propiedades genotóxicas y carcinogénicas. Además, están relacionados con trastornos de déficit de atención e hipersensibilidad, especialmente en niños y adolescentes, así como con la reducción de la diversidad de la microbiota intestinal. También han sido relacionados con un incremento en el metabolismo de la glucosa, lo que puede provocar hiperglucemia (8).

En la industria avícola a gran escala, la coloración de los pollos de engorde se logra mediante la combinación de xantofilas que proporcionan colores amarillos. Esta combinación busca alcanzar una tonalidad dorada de aspecto natural en las aves (9).

En numerosos países, varios colorantes artificiales han sido aprobados para el consumo humano, aunque en otros persisten controversias infundadas sobre sus posibles efectos adversos para la salud. La mayoría de estos compuestos presentan solubilidad en agua, lo que hace que su uso y producción sea más económica, sencilla y rápida en comparación con los colorantes naturales (10).

Estos compuestos pueden tener efectos adversos a largo plazo tanto en la salud humana, como animal. En humanos, el consumo de productos avícolas con colorantes amarillo puede producir alergias, urticaria en menor proporción, aumentar la irritabilidad e inquietud trastornos de sueño e incluso producir un riesgo de carcinogenicidad en casos extremos (11).

En Ecuador, se permite el uso de varios colorantes, siempre y cuando la etiqueta cumpla con la regulación del INEN, que requiere que se indique "CONTIENE" seguido del nombre del colorante utilizado (12). Los consumidores prefieren etiquetas claras y sin aditivos, optando por productos considerados naturales. Esta tendencia ha motivado a los fabricantes de alimentos a sustituir los colorantes sintéticos por opciones naturales (13).

La coloración de los pollos sin ningún aditivo depende de la influencia de la herencia genética y las condiciones ambientales en las que son criados. Sin embargo, cumplir con todos estos factores de manera óptima puede ser un desafío para los productores. Esta dificultad a menudo impide lograr la coloración deseada en los pollos. Como resultado, los productores a menudo recurren a colorantes artificiales para alcanzar el estándar de color requerido y satisfacer las expectativas del mercado (14).

Por este motivo es importante proponer nuevos métodos de coloración de pollos de engorde a través de componentes naturales tales como el achiote y la cúrcuma, que pueden ser más sostenibles además de generar apoyo a la producción agrícola nacional.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la adición de harina de cúrcuma y achiote en las dietas de pollos de engorde como pigmentantes naturales.

### 5.2. Objetivos Específicos

- Analizar la composición bromatológica de la harina de cúrcuma y harina de achiote con el fin de identificar sus propiedades nutricionales y comprobar que se encuentren en condiciones óptimas para su incorporación en la dieta de pollos de engorde.
- Evaluar los parámetros productivos: Ganancia semanal de peso, índice de conversión alimenticia, mortalidad y rendimiento a la canal en pollos de engorde, utilizando dietas con inclusión de harina de cúrcuma y achiote
- Valorar la pigmentación de la piel de los pollos mediante el uso de una tabla de colores estandarizada para la evaluación del efecto de los diferentes tratamientos alimenticios.
- Determinar el beneficio-costos de la implementación de harina de cúrcuma y achiote en la alimentación de pollos de engorde como pigmentantes.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVO	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<b>OBJETIVO 1:</b> Analizar la composición bromatológica de la harina de cúrcuma y harina de achiote	Recolección de muestras de harina de cúrcuma y achiote.	Envío de muestras a laboratorio para análisis bromatológico.	Resultados certificados por el laboratorio (Anexos 19-20))

<p><b>OBJETIVO 2:</b> Evaluar los parámetros productivos: Ganancia semanal de peso, consumo semanal de alimento, conversión alimenticia, mortalidad y rendimiento a la canal en pollos de engorde.</p>	<p>Diseño del experimento y establecimiento de grupos de control y tratamiento. Monitoreo y registro semanal del peso corporal y consumo de alimento.</p>	<p>Registro sistemático de datos de peso y consumo. Cálculo de conversión alimenticia y rendimiento a la canal.</p>	<p>Datos hojas de registro de parámetros productivos (Anexo 4-5).</p>
<p><b>OBJETIVO 3:</b> Valorar la pigmentación de la piel de los pollos mediante el uso de una tabla de colores estandarizada para evaluar el efecto de diferentes tratamientos alimenticios.</p>	<p>Aplicación de tratamientos alimenticios a los grupos experimentales. Evaluación periódica de la pigmentación de la piel.</p>	<p>Uso de tabla de colores estandarizada para medir y comparar la pigmentación.</p>	<p>Resultados comparativos sobre la pigmentación de la piel de pollos en relación con los tratamientos aplicados -Tabla de colores estandarizada (Anexo 6).</p>
<p><b>OBJETIVO 4:</b> Determinar beneficio-costos en la industria de la implementación de harina de cúrcuma y achiote en la alimentación de pollos de engorde.</p>	<p>Recopilación de datos sobre costos de producción y rendimiento.</p>	<p>Análisis económico detallado para calcular el beneficio-costos de los tratamientos.</p>	<p>Informe económico con evaluación del beneficio-costos de la implementación de los ingredientes en la alimentación.</p>

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA 7.0. Aplicación de pigmentantes naturales en la producción avícola: base científica y técnica**

En la producción avícola moderna, la búsqueda de alternativas naturales a los aditivos sintéticos ha cobrado creciente relevancia, especialmente en lo relacionado con la pigmentación de la piel de los pollos de engorde. La coloración de la piel es un atributo visual que influye significativamente en la percepción de calidad por parte del consumidor, siendo un factor determinante en su aceptación en mercados específicos como el latinoamericano y el europeo (15). Tradicionalmente, la pigmentación se ha logrado mediante el uso de colorantes artificiales como la cantaxantina y la apo-éster; sin embargo, la preocupación por la inocuidad alimentaria, la salud del consumidor y la sostenibilidad ha promovido el uso de pigmentos naturales como la cúrcuma y el achiote (16).

### **7.1. Sistema digestivo en pollos**

En las aves, el sistema digestivo es un aparato complejo que desempeña una función crucial en la absorción de nutrientes, siendo fundamental para el rendimiento de las aves de producción. Cada sección cumple una función específica en el mecanismo de descomposición y captación de nutrientes por parte del organismo (17).

### **7.2. Alimentación en aves de engorde**

La alimentación juega un papel crucial en la crianza de pollos, ya que representa el mayor costo de producción. El costo del alimento es aproximadamente entre el 60% y el 70% de todos los costos de producción de pollos antes de su sacrificio. Una nutrición adecuada se traduce en un mejor rendimiento de las aves y sus productos (18).

### **7.3. Nutrición en pollos de engorde**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina (19), una buena nutrición comienza con el suministro de alimentos completos, balanceados y adaptados a la edad del ave, ya que sus necesidades nutricionales cambian rápidamente durante las primeras semanas de vida. Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (20) resalta que la utilización de ingredientes de alta digestibilidad, junto con aditivos naturales, puede mejorar la eficiencia del alimento y reducir el impacto ambiental del sistema productivo.

### **7.4. Principios nutritivos en pollos de engorde**

De acuerdo con Leeson y Summers (21), las necesidades nutricionales de los pollos varían considerablemente según la edad, genética, condiciones ambientales y objetivos productivos. Por ello, la formulación de dietas debe realizarse por fases, adaptando el contenido de nutrientes en función de la etapa fisiológica. El control del balance electrolítico, la digestibilidad de los ingredientes y la calidad del agua de bebida también influyen directamente en el desempeño zootécnico de las aves y en la rentabilidad del sistema de producción.

### **7.5. Dietas avícolas**

Las dietas avícolas están cuidadosamente diseñadas para satisfacer los requerimientos de crecimiento, bienestar y eficiencia productiva de los pollos de engorde. Estos animales tienen

un rápido desarrollo y requieren altos niveles de proteína y energía en sus etapas iniciales, así como un balance preciso de vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales, como lisina y metionina. De acuerdo con el documento técnico de Itacol (22), las dietas deben estructurarse en fases (preiniciador, iniciador y engorde), adaptándose a las necesidades metabólicas específicas de cada etapa para promover un crecimiento óptimo y un bajo índice de conversión alimenticia.

En línea con ello, los manuales técnicos de empresas avícolas como Solla S.A (23) enfatizan que la correcta formulación de la dieta, junto con un manejo adecuado del comedero y bebedero, es determinante para maximizar la ingesta diaria, garantizar una buena eficiencia alimenticia y evitar problemas de salud gastrointestinal en los pollos broiler.

## **7.6. Parámetros productivos de las aves**

Los parámetros productivos son fundamentales en cualquier explotación pecuaria, dado que orientan en la elección de alternativas adecuadas y el aseguramiento de la eficiencia del sistema de producción. Para calcular estos parámetros, es necesario garantizar una estructura ordenada en el registro y monitoreo de la producción. Los parámetros productivos se derivan del comportamiento productivo, como el peso corporal, tasa de mortalidad, índice de conversión alimenticia, entre otros indicadores. En el caso de las gallinas, estos parámetros se determinan utilizando uno o más grupos de aves pertenecientes a la misma estirpe o línea genética. Los datos recolectados permiten obtener una comprensión precisa del desarrollo del potencial genético del animal en función de su linaje, edad y sexo (24).

### **7.6.1. Impacto económico de la pigmentación de piel de pollos**

En los pollos de engorde, la pigmentación cutánea es un atributo visual determinante en la percepción de calidad por parte del consumidor. En mercados como Latinoamérica, Asia y partes de Europa, una piel de tonalidad amarilla o anaranjada es sinónimo de frescura, naturalidad y buen estado sanitario del ave, afectando directamente el costo al que se ofrece en el mercado y en la preferencia del comprador (25). Esta característica visual permite a los productores acceder a mercados diferenciados con mejor rentabilidad por unidad vendida.

### **7.6.2. Influencia de cúrcuma y achiote en parámetros productivos**

El uso de cúrcuma (*Curcuma longa*) y achiote (*Bixa orellana*) en dietas de pollos de engorde ha mostrado efectos positivos no solo en la pigmentación de la piel, sino también en los

indicadores de desempeño productivo fundamentales como el peso final, ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia (FCR) y mortalidad. Estos efectos se deben a la presencia de compuestos bioactivos como la curcumina y la bixina, los cuales poseen potencial para neutralizar radicales libres y controlar procesos inflamatorios y antimicrobianas que favorecen la salud intestinal y la eficiencia metabólica (26,27).

## **7.7. Colorantes**

Un colorante es una sustancia orgánica que, al ser aplicada a un material materiales como textiles, pieles, papel, polímeros o productos alimenticios, le otorga un color que puede ser más o menos duradero. Se utiliza en forma de solución o emulsión, y el material debe tener la capacidad de absorberlo (28).

### **7.7.1. Colorantes artificiales en la alimentación animal**

Los colorantes artificiales han sido utilizados en alimentos desde antes del siglo XIX, comenzando con pigmentos vegetales y minerales, aunque los minerales eran tóxicos. A mediados del siglo XIX, los pigmentos orgánicos sintéticos reemplazaron a los minerales, ganando importancia en la industria. Actualmente, estos colorantes son aditivos químicos aprobados para consumo humano en muchos países, a pesar de controversias sobre su seguridad. Presentan solubilidad en medios acuosos, lo que facilita su uso y fabricación, y se presentan en diversas formas, incluyendo sales sódicas, líquidos, materiales pastosos y lacas insolubles para productos sólidos (29).

### **7.7.2. Colorantes naturales en la alimentación animal**

La obtención de pigmentos naturales varía según su origen y uso. Por ejemplo, las hortalizas y legumbres pueden deshidratarse y luego molerse para usarse como colorantes en diversos alimentos y en la preparación de una extensa variedad de platos. Los colores obtenidos dependen de su fuente de extracción. El color rojo proviene del pimentón, remolacha, frambuesas o tomates. El amarillo se obtiene de la caléndula o el azafrán. El naranja es extraído del árbol y las semillas de achiote, y del annatto. El verde se obtiene de diversas hierbas aromáticas, como el cilantro y la menta, que también aportan sabor (30).

### **7.7.3. Biodisponibilidad y absorción de carotenoides en pollos**

La biodisponibilidad de los carotenoides en pollos de engorde es clave para lograr una pigmentación eficaz de la piel. Carotenoides como la bixina (del achiote) y la curcumina (de la cúrcuma), al ser compuestos liposolubles, requieren condiciones digestivas específicas para su absorción, incluyendo la presencia de lípidos y sales biliares en el intestino delgado (31).

La absorción se realiza principalmente en el duodeno y yeyuno, donde los carotenoides se incorporan a micelas y luego son transportados a los tejidos a través de quilomicrones. Factores como el tipo de carotenoide, el porcentaje de grasa en la dieta, la salud intestinal, y la forma de presentación (natural, encapsulada, en polvo, etc.) influyen en su absorción (32).

La curcumina, si bien no es un carotenoide clásico, sigue rutas similares y requiere estrategias para mejorar su biodisponibilidad. Si estos compuestos son bien absorbidos, se depositan principalmente en la piel, grasa y tarsos del ave, generando la pigmentación deseada (33, 34).

## **7.8. Carotenoides**

Son pigmentos naturales solubles en lípidos, generados por la actividad metabólica de plantas, algas y bacterias que realizan fotosíntesis. Debido a su estructura insaturada, son sensibles a factores como el oxígeno, los metales, los ácidos, los peróxidos, el calor, la exposición a la luz y la acción de las enzimas lipoxigenasas. Ciertos pigmentos poseen la capacidad de funcionar como precursores de la vitamina A, lo cual está determinado por la presencia del anillo de  $\beta$ ionona y su transformación en retinol en el organismo animal (35).

### **7.8.1. Carotenoides en la dieta de aves de corral**

En ciertos mercados especializados, el color del pollo juega un papel crucial y se considera un indicador de calidad, frescura y valor nutritivo. En países como México, España, Francia, Italia y China, se comercializan pollos con piel que presenta una gama variada de colores, desde amarillo hasta naranja-dorado. En la cría intensiva de pollos, los carotenoides se acumulan principalmente en los tarsos, piel y grasa subcutánea, siendo las condiciones de sacrificio y desplume de vital importancia (36).

Para la pigmentación de la piel del pollo, se utilizan carotenoides como la cantaxantina para obtener tonos rojos base, y apo-ester, luteína y zeaxantina para colores base amarillos. Las recomendaciones específicas para la pigmentación varían ampliamente según la región y los requisitos del mercado. No obstante, un factor común en la demanda de los consumidores es la uniformidad del color (36).

### **7.8.2. Efectos nutracéuticos de los pigmentantes naturales**

Además de su función como agentes colorantes, los carotenoides naturales como la bixina (presente en el achiote) y la curcumina (compuesto activo de la cúrcuma) tienen efectos nutracéuticos que aportan de manera notable al bienestar y desempeño productivo de los pollos de engorde. Estos compuestos poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, inmunomoduladoras y antimicrobianas, que pueden fortalecer las defensas del animal, mejorar la integridad del tracto gastrointestinal y favorecer una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes (31,27).

En el caso de la curcumina, se ha demostrado en diversos estudios que su inclusión en la dieta puede regular la función de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa y la catalasa, reduciendo el estrés oxidativo asociado al crecimiento acelerado en pollos de engorde (37). Asimismo, actúa como regulador de citoquinas proinflamatorias y mejora la integridad de la mucosa intestinal, lo cual favorece la absorción de nutrientes esenciales y reduce la susceptibilidad a infecciones (38).

### **7.9. Xantofilas en la pigmentación de aves**

Las xantofilas son pigmentos que proporcionan son responsables de conferir la tonalidad amarilla a diversas plantas y productos de origen animal. Forman parte del grupo de los carotenoides y se les conoce también con el nombre de filoxantinas. En los códigos alimentarios, están identificadas con la denominación E-161, y su uso está aprobado y regulado por la mayoría de las autoridades alimentarias en todo el mundo, incluyendo la Unión Europea, los entes reguladores de salud de Estados Unidos (FDA) y Colombia (Ministerio de Salud) (39).

### **7.10. Achiote**

Esta planta arbórea es originaria de México, América Central y las regiones cálidas de los Andes que limitan con la Amazonia. Desde tiempos prehispánicos, el achiote ha sido considerado una planta sagrada y se ha integrado profundamente en la cultura.

Gracias a su versatilidad, el achiote fue uno de los frutos más importantes en la época precolombina. La cultura maya, de hecho, descubrió su gran potencial y reconoció sus propiedades medicinales (40).

#### **7.10.1. Colorantes naturales del achiote**

Los pigmentos del achiote se recolecta de la capa pulposa que recubre las semillas del arbusto frondoso *Bixa orellana* L. Sus frutos, que alcanzan un ancho aproximado de 4 cm, presentan una superficie lisa o recubierta por cerdas suaves, y varían en color entre amarillo, verde parduzco y rojo brillante. Al alcanzar la madurez, estos frutos se abren de forma natural, dejando al descubierto numerosas semillas de cerca de 5 mm de diámetro, las cuales están envueltas por una pulpa de tonalidad rojo-anaranjada. Conocido en gran parte de Sudamérica como "annato" o "achiote" y como "urucum" en Brasil, el arbusto *Bixa orellana* L. produce semillas que contienen un pigmento llamado bixina, un carotenoide naranja-amarillo (41).

### **7.10.2. Propiedades del achiote**

El achiote es una planta ampliamente utilizada en la región de nuestra selva, conocida por sus atribuidas propiedades benéficas. Algunas de estas propiedades han sido respaldadas científicamente, como su efecto antiinflamatorio y su capacidad para cicatrizar quemaduras (42), así como su acción antioxidante y antiulcerosa. Estas propiedades están asociadas con la composición química que predomina en sus órganos fotosintéticos, especialmente en las hojas, especialmente por la presencia de flavonoides, como la quercetina, y de carotenoides como la bixina y norbixina (43).

El achiote se ha utilizado ampliamente como un colorante natural en la industria alimentaria, especialmente para dar color a productos como quesos, mantequilla y embutidos, gracias a su tonalidad rojiza y su resistencia al calor durante el procesamiento (44).

## **7.11. Cúrcuma**

Actualmente, uno de los ingredientes naturales más populares es la cúrcuma. La Cúrcuma Longa, originaria de la India y Malasia, planta herbácea de larga duración que se reproduce a través de rizomas. También conocida como azafrán de las Indias o azafrán de Oriente, se obtiene la especia homónima al desecar y pulverizar sus rizomas, que destacan por su característico color amarillo anaranjado similar al del azafrán. La cúrcuma es conocida por sus múltiples propiedades beneficiosas (45).

### **7.11.1. Curcumina**

Según Abou-Elkhair et al. (46), la adición de cúrcuma en la alimentación aves de corral favorece significativamente la conversión alimenticia, incrementa el peso corporal y favorece una mejor

integridad intestinal gracias a su efecto protector sobre las vellosidades intestinales (46). De manera similar, Moghadam et al. (47) concluyen que la curcumina puede aumentar la actividad de enzimas digestivas y antioxidantes, promoviendo un metabolismo más eficiente y reduciendo el estrés oxidativo en las aves.

#### **7.11.2. Efectos biológicos de la curcumina**

Se ha demostrado que la curcumina regula diversos elementos reguladores como factores de transcripción de citocinas, proteínas, quinasas, además de moléculas de adhesión, el estado redox celular y enzimas vinculadas con procesos inflamatorios. Tanto la raíz como el polvo de cúrcuma son comercializados. La dosis recomendada es de 1 kg de cúrcuma por tonelada de alimento balanceado, y esta concentración puede sustituir a los promotores de crecimiento (26).

#### **7.11.3. Curcumina en la producción animal**

La curcumina, un compuesto activo de la cúrcuma, ofrece beneficios significativos en la actividad zootécnica en virtud de sus propiedades funcionales antioxidantes y antiinflamatorias. Utilizada en dosis precisas y combinada con otros ingredientes activos de extractos vegetales, puede mejorar la salud animal y optimizar el rendimiento zootécnico de manera sostenible. Es crucial entender las sinergias entre los componentes y aplicar técnicas galénicas para maximizar su efectividad y biodisponibilidad en la alimentación animal (48).

#### **7.11.4. Sinergia entre fitobióticos y pigmentación**

La incorporación de fitobióticos en la alimentación avícola ha demostrado múltiples beneficios sobre la salud intestinal, los niveles de producción y los atributos del producto final. Estos compuestos naturales derivados de plantas como aceites esenciales, extractos y principios activos no solo actúan como promotores del crecimiento y moduladores de la microbiota, sino que también potencian la biodisponibilidad y el depósito de pigmentos naturales en la piel y grasa de los pollos (49).

La aplicación de pigmentantes naturales como cúrcuma y achiote dentro de un enfoque fitobiótico integrado no solo contribuye a la pigmentación externa, sino que fortalece el enfoque funcional de la alimentación avícola moderna, con beneficios tanto nutricionales como económicos y sanitarios (26).

### **7.12. Fitobióticos**

Los fitobióticos como compuestos bioactivos derivados de plantas, incorporados en las dietas animales para mejorar la productividad pecuaria, optimizando la digestibilidad y absorción de nutrientes y eliminando patógenos dañinos o no deseados en el intestino. Estos compuestos pueden obtenerse de diversas plantas y su aplicación está relacionada con la funcionalidad de sus componentes activos. Para este fin, se han desarrollado diversas metodologías para obtener y caracterizar los principios bioactivos a partir de la matriz de interés. Es importante destacar que los procesos de extracción son cruciales para determinar la calidad final del compuesto, así como el tipo y la concentración de compuestos presentes en el extracto (50).

### **7.13. Métodos de evaluación del color de la piel en pollos**

La evaluación del color de la carne se realiza mediante dos enfoques principales: la evaluación visual subjetiva y el análisis instrumental objetivo. Entre estos, la espectrofotometría de reflectancia es ampliamente preferida debido a su fuerte correlación con la percepción visual humana. A diferencia de la espectrofotometría de absorción, que requiere la destrucción de la muestra, la reflectancia mide el color en la superficie del objeto, permitiendo evaluar cambios a lo largo del tiempo en una misma muestra (51).

El color es crucial en la preferencia o desaprobación que muestran los consumidores hacia determinados alimentos. Entre los métodos indirectos utilizados para evaluar la pigmentación, se incluyen los siguientes: Evaluación del color en canales de pollo mediante la prueba Rank, utilizando abanicos y escalas colorimétricas, así como técnicas de reflectancia a través de fotocolorimetría (52).

### **7.14. Abanicos y escalas colorimétricas en pollos de engorde**

El abanico colorimétrico DSM para pollos de engorde, similar al método de evaluación utilizado durante años para medir la pigmentación de la yema de huevo con el clásico Abanico Roche, ahora se ha ampliado con una escala específica de 8 tonos de amarillo, que varían en intensidad, para la piel de los pollos. Hasta ahora, la falta de una escala estándar para indicar la tonalidad de la piel había sido un desafío, pero ahora es posible medirla utilizando este abanico, siempre tomando la lectura en el mismo punto de la pechuga con la cinta colorimétrica (53).

### **7.15. Escalas fotográficas para evaluar pigmentación en aves**

Las escalas fotográficas han sido ampliamente utilizadas como herramienta práctica y visual para la evaluar la pigmentación en la piel y la carne del pollo. Estos patrones permiten estandarizar las observaciones y minimizar la subjetividad al momento de calificar la pigmentación, especialmente en estudios donde se evalúan aditivos naturales como la cúrcuma y el achiote. La utilización de fotografías de referencia facilita la comparación entre tratamientos y mejora la objetividad del análisis, siendo una alternativa accesible frente a equipos costosos como colorímetros. El uso de patrones fotográficos proporciona un método confiable y visualmente claro para establecer rangos de color en el producto final, lo cual es clave tanto en estudios de investigación como en procesos de control de calidad comercial (54).

### **7.16. Factores que influyen en la pigmentación de los pollos**

La coloración en los pollos de engorde está directamente relacionada con la cantidad de carotenoides que logran ser absorbidos en el torrente sanguíneo. Diversos factores pueden interferir en este proceso, como una menor ingesta alimenticia provocada por dietas con alto contenido energético o por temperaturas ambientales elevadas, lo cual disminuye la pigmentación en las aves. Asimismo, alteraciones metabólicas que dificultan la secreción de ácidos biliares afectan negativamente la absorción de carotenoides liposolubles. Además, enfermedades que comprometen la integridad de la mucosa intestinal, tales como Newcastle, Salmonelosis, Coccidiosis o la presencia de endoparásitos, también reducen la capacidad de absorción de estos compuestos (55).

### **7.17. Importancia de utilizar recursos naturales locales como el achiote y la cúrcuma**

El uso de pigmentantes naturales como el achiote (*Bixa orellana*) y la cúrcuma (*Curcuma longa*) representa una estrategia sustentable y económicamente viable en la producción avícola. Estos recursos locales, además de mejorar la pigmentación de la piel del pollo, ofrecen beneficios funcionales como actividad antioxidante e inmunomoduladora, que pueden aportar positivamente en la salud y el rendimiento productivo de los pollos (56).

Aprovechar ingredientes regionales reduce la dependencia de insumos importados, disminuye los costos de producción y fortalece la economía rural mediante la generación de valor agregado. Además, su aplicación se alinea con los principios de sostenibilidad y bioeconomía promovidos por organismos internacionales como la FAO (57).

## **8. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **8.1. Hipótesis nula ( $H_0$ ):**

La adición de diferentes niveles de cúrcuma y achiote no tuvo efecto en la pigmentación de la piel ni en los parámetros productivos de los pollos de engorde (ganancia semanal de peso, consumo semanal de alimento, conversión alimenticia, mortalidad y rendimiento a la canal), y no mejoró la relación beneficio-costos.

### **8.2. Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):**

La adición de diferentes niveles de cúrcuma y achiote tuvo un efecto positivo en la pigmentación de la piel y en los parámetros productivos de los pollos de engorde (ganancia semanal de peso, consumo semanal de alimento, conversión alimenticia, mortalidad y rendimiento a la canal), mejorando además la relación beneficio-costos.

Considerando los resultados alcanzados en el presente estudio, se acepta de forma parcial la hipótesis alternativa. Si bien la inclusión de pigmentantes naturales en la dieta (harina de cúrcuma y de achiote) tuvo un efecto positivo en la pigmentación de la piel de los pollos, los parámetros productivos no superaron a los obtenidos en el tratamiento testigo. Por lo tanto, la mejora visual en la pigmentación no se tradujo en un mejor desempeño productivo general.

## **9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **9.1. Ubicación**

El proyecto de investigación fue realizado en la Parroquia de Uyumbicho, perteneciente al cantón Mejía, provincia Pichincha. (Anexo 7)

#### **9.1.1. Ubicación Geográfica**

**78°31'16.1"W**

Latitud: **0°23'15.8"S**

Longitud: **78°31'16.1"W** Altitud:

3.700 msnm.

#### **9.1.2. Datos meteorológicos**

Promedio de temperatura: 6° hasta 13° C

Pluviosidad: 589 mm anuales

Horas luz/día: 12 horas

Viento: Sur - Suroeste

Nubosidad anual: 4.9/8

## **9.2. Duración de la investigación**

El desarrollo de la investigación comprendió un lapso de 10 semanas, divididas en dos etapas. La primera etapa, de 3 semanas, fue destinada a la limpieza, desinfección y equipamiento del galpón, incluyendo la instalación de criadoras, focos, camas, divisiones para los diferentes tratamientos y repeticiones, bebederos y comederos. La segunda etapa, de 7 semanas, abarcó desde la recepción de los pollos hasta la finalización del proyecto.

## **9.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **9.3.1. Enfoque de la investigación**

El estudio tuvo un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo, por lo tanto, es considerada mixta. El enfoque cualitativo fue realizado en el análisis del efecto de las harinas de cúrcuma y achiote relativa a la coloración cutánea en aves de engorde.

El enfoque cuantitativo estuvo relacionado con la medición de los parámetros productivos como peso, consumo de alimento semanal, índice de conversión alimenticia, rendimiento a la canal.

### **9.3.2. Tipo de investigación**

El enfoque metodológico aplicado en este proyecto fue experimental, dado que se analizó la eficacia de adicionar harina de cúrcuma y achiote como agentes pigmentantes en la dieta de pollos de engorde de la línea genética Cobb 500 a lo largo de un periodo de seis semanas. Durante el desarrollo del experimento, se realizó un seguimiento constante de las variables para evaluar los efectos logrados, obteniendo la información directamente de las unidades experimentales para analizarla posteriormente.

### **9.3.3. Métodos de investigación**

El método utilizado en esta investigación es el deductivo, puesto que parte de la formulación de una hipótesis específica sobre el efecto de la utilización de harina de cúrcuma y achiote en la alimentación de pollos de engorde.

La hipótesis establecida es que la inclusión de estas harinas solas o combinadas influirán en la pigmentación cutánea de las aves de corral de forma natural. Para probar esta hipótesis, se diseñaron cuatro tratamientos diferentes con combinaciones específicas de harina de cúrcuma y achiote, así como un grupo de control sin adición de ninguno de estos ingredientes. Posteriormente, se recolectaron y analizaron datos para verificar o refutar esta hipótesis sustentada en los hallazgos obtenidos durante la investigación

#### **9.3.4. Técnicas de investigación**

Se recolectó información a través del registro de diversos parámetros, como el consumo de alimento por semana, el peso semanal de las aves, la conversión alimenticia semanal, el porcentaje de mortalidad y el rendimiento de la canal.

Esta metodología permite organizar y sistematizar los datos, garantizando una base confiable para el análisis e interpretación de los resultados alcanzados en la investigación. Adicionalmente, se utilizó la técnica de observación para evaluar de forma directa la pigmentación de la piel de los pollos, utilizando una tabla de colores estandarizada (Anexo 6).

#### **9.3.5. Instrumentos de investigación**

Durante el desarrollo de esta investigación se aplicaron hojas de registro de datos que permitieron llevar a cabo la evidenciación de los parámetros productivos. En los mismos se incluyó información detallada sobre el peso semanal de los pollos, el consumo semanal de alimento, la mortalidad (Anexo 4) y el rendimiento a la canal (Anexo 5).

Por otro lado, durante la observación se empleó una tabla de color estandarizada, la cual utiliza una escala que clasifica el tono de la piel de los pollos del 1 al 6, donde 1 corresponde a un amarillo pálido y 6 a un amarillo intenso.

#### **9.3.6. Diseño experimental**

La investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), que constaron en cinco repeticiones por tratamiento. Este tipo de diseño experimental permitió realizar

comparaciones objetivas y uniformes entre los diferentes tratamientos aplicados a las unidades experimentales, garantizando la aleatoriedad y reduciendo posibles sesgos en la asignación de los tratamientos, teniendo en cuenta diversas fuentes de variabilidad.

#### 9.3.6.1. Unidades experimentales

En esta investigación se utilizaron 100 unidades experimentales, cada una constituida por un pollo de engorde Broiler de un día de edad, con un peso promedio de 44 gramos.

#### 9.3.6.2. Tratamientos

Se utilizaron 100 unidades experimentales distribuidas en cuatro grupos de estudio, cada uno compuesto por 25 aves, lo que permitió comparar varios tratamientos de manera aleatoria. Los tratamientos consistieron en: T0 (Dieta base, utilizado como tratamiento testigo), T1 (Dieta base con adición del 2% de Harina de Cúrcuma), T2 (Dieta base con adición del 2% de Harina de Achiote), y T3 (Dieta base con adición del 1% de Harina de Cúrcuma y 1% de Harina de Achiote en una mezcla).

### 9.4. Análisis estadístico

Para analizar los resultados experimentales se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de comparar simultáneamente las medias entre más de dos grupos y evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos.

Además, se aplicó el Método de Bonferroni para ajustar el nivel de significancia estadística. Este método fue utilizado para controlar el riesgo de obtener resultados significativos por casualidad al realizar múltiples comparaciones entre diferentes tratamientos y comparar el efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y achiote en la pigmentación cutánea de las aves. Esto ayudará a garantizar que cualquier diferencia observada entre los tratamientos sea verdaderamente significativa y no simplemente el resultado del azar.

**Tabla 1** Esquema tratamientos

TRATAMIENTO	CÓDIGO	REPETICIONES	REPETICIONES/TRATAMIENTO
0	T0	5	25
1	T1	5	25
2	T2	5	25

3	T3	5	5	25
<b>TOTAL</b>				100

## 9.5. PROCEDIMIENTO

### 9.5.1. Etapas de preparación y limpieza del galpón

#### a. Limpieza:

Tres semanas "Previo al ingreso de las aves, se procedió con la limpieza del galpón empleando escobas y palas con el fin de remover el polvo y permitir una desinfección eficaz. Esta labor comprendió el barrido de pisos, paredes, techos y ventanas, tanto en el interior como en el exterior, así como la remoción de la maleza alrededor del galpón.

#### b. Flameado:

Se llevó a cabo un flameado en el techo, pisos, paredes y ventanas, tanto internas como externas del galpón. Este procedimiento se realizó en dos ocasiones: una antes y otra después de aplicar el desinfectante a base de amonio cuaternario.

#### c. Desinfección:

La desinfección inicial, tanto del interior como del exterior del galpón, se llevó a cabo utilizando cloro. Ocho días después, se realizó una segunda desinfección con creso, la cual fue complementada con flameado en ambas zonas. Finalmente, en la tercera semana, se efectuó una última desinfección empleando amonio cuaternario (Anexo 8).

#### d. Creación de divisiones para los tratamientos:

Se realizaron 20 divisiones dentro del galpón utilizando malla metálica plastificada. Estas divisiones se diseñaron para separar los diferentes tratamientos y sus respectivas repeticiones, garantizando que cada espacio estuviera adecuadamente delimitado. La malla metálica plastificada fue previamente desinfectada para asegurar un ambiente higiénico. Cada división tuvo 1.20 m de largo, 0.80 m de ancho, y 1.50 m de alto.

#### e. Preparación de la cama:

Esta preparación incluyó la aplicación de una capa de cal sobre el suelo, seguida de la colocación de cascarilla de arroz desinfectada con antelación y colocada uniformemente con

una altura de 15 cm. Finalmente, se aplicó amonio cuaternario por aspersión sobre la cama, con el objetivo de reducir el polvo y prevenir enfermedades respiratorias. Finalmente se colocaron los bebederos y comederos en cada división.

**f. Colocación de comederos y bebederos:**

Se dispuso un comedero y un bebedero en cada una de las repeticiones.

**g. Ubicación de la criadora:**

Se instaló la criadora a 1.30 m del suelo en el medio del galpón para obtener una distribución de calor uniforme para todos los pollos de los diferentes tratamientos.

**h. Control de vectores:**

Se aplicaron repelentes y rodenticidas en puntos determinados en los exteriores del galpón y se colocaron cebos para ayudar a controlar y evitar posibles plagas que pudieran afectar la sanidad del galpón.

**i. Colocación de pediluvios:**

En la entrada del galpón, tanto interna como externamente, se colocaron pediluvios con soluciones como yodo y amonio cuaternario. Estos pediluvios fueron limpiados cada dos días para evitar la propagación de bacterias.

**j. Colocación de cortinas y mallas mosquiteras:**

Se procedió a la instalación de cortinas plásticas y mallas mosquiteras en las ventanas del galpón, con el objetivo de regular la ventilación, controlar el ingreso de luz y prevenir la entrada de insectos y otros vectores externos.

### **9.5.2. Obtención de las materias primas:**

Las harinas utilizadas en este proyecto de investigación, correspondientes a achiote y cúrcuma, fueron adquiridas en la localidad de Machachi para su posterior uso en la formulación de las dietas experimentales (Anexo 9).

### **9.5.3. Manejo de las unidades experimentales**

Los pollitos Broiler Cobb-500 de un día de edad fueron obtenidos en Amaguaña por la cercanía, para evitar cualquier factor que pueda alterar la salud de los pollitos al transportarlos.

**a. Recepción:** Las instalaciones fueron precalentadas 2 horas antes de la llegada de los pollos al galpón para que se encuentren en la temperatura ideal (28-31 °C). Los comederos con la suministración necesaria de alimento Inicial 1 y los bebederos con agua preparada con anterioridad con electrolitos y vitaminas que se administró en las primeras dos horas tras su llegada.

Se llevó a cabo el pesaje de una muestra de 25 pollitos con el fin de determinar el peso promedio al momento de su recepción.

**b. Identificación:** Se implementó un sistema de identificación visual consistente en el uso de cinta adhesiva tipo “taipe” de color amarillo, sobre la cual se escribió, con marcador negro permanente, el número correspondiente a cada ave. Esta cinta fue colocada cuidadosamente alrededor de la pata derecha de cada pollo, procurando no interferir con su movilidad ni causarles molestias. La elección del color amarillo se debió a su alta visibilidad, lo que facilitó una rápida y efectiva identificación individual durante las observaciones diarias y el registro de datos experimentales (Anexo 10).

### **c. Etapa inicial (Día 1 al 10)**

Desde el día uno hasta el décimo día de vida, los pollitos recibieron alimento balanceado inicial tipo I en presentación pulverizada, ofrecido a libre disposición en cuatro raciones distribuidas a lo largo del día. Adicionalmente, se les proporcionó agua potable suplementada con vitaminas para favorecer el desarrollo inicial. Durante la primera semana, la temperatura ambiental fue monitoreada cada hora y ajustada gradualmente según las necesidades térmicas de las aves. Los bebederos fueron lavados dos veces al día, y la cama removida con regularidad para prevenir la proliferación de agentes patógenos y reducir el riesgo de presentar enfermedades.

En el octavo día, los pollitos fueron distribuidos aleatoriamente entre los distintos tratamientos y repeticiones. Posteriormente, se administraron las vacunas correspondientes contra la enfermedad de Newcastle y la bronquitis infecciosa aviar. por vía ocular, administrando una gota por ave. Para disminuir el impacto del estrés post-vacunación, se suministró agua con electrolitos.

A partir de ese momento, se inició la aplicación de los diferentes tratamientos experimentales, incorporando diferentes porcentajes de harina de cúrcuma y harina de achiote en la dieta base, de la siguiente manera:

- **T0:** tratamiento testigo (dieta base)
- **T1:** dieta base + 2 % de harina de cúrcuma
- **T2:** dieta base + 2 % de harina de achiote
- **T3:** dieta base + 1 % de cúrcuma y 1 % de achiote

La cantidad de alimento suministrada diariamente fue distribuida en cuatro porciones, ajustadas de acuerdo con el consumo diario estimado por ave, con un incremento de 4g/día. Asimismo, se llevó a cabo un segundo pesaje de los grupos experimentales y se efectuó un control diario del residuo alimenticio correspondiente a cada repetición., manteniéndose en todo momento un monitoreo de la temperatura para garantizar un ambiente térmico adecuado (Anexo 11).

#### **d. Etapa de crecimiento (Día 11 al 28)**

Durante esta fase, se proporcionó alimento balanceado inicial II. A partir del día 28, este fue reemplazado por una fórmula propia de la fase de crecimiento. Ese mismo día, se pesaron nuevamente los pollos para registrar su peso antes de implementar la nueva dieta.

La temperatura fue controlada con el objetivo de lograr una disminución gradual desde los 24 °C hasta los 21 °C.

Desde el día 13, se aplicó un régimen de luz controlada, con una suspensión diaria de cinco horas (de 22:00 a 03:00 horas), para favorecer el descanso de las aves (Anexo 12).

A partir del día 15, se añadió morochillo (*Zea mays* L.) al 10 % en ambas raciones diarias del alimento, con el fin de prevenir la aparición de ascitis. Ese mismo día, se administró una nueva dosis de vacuna contra la enfermedad de Gumboro por vía ocular, una gota por ave.

Durante esta etapa se continuó con el registro semanal del consumo y desperdicio de alimento, y se mantuvieron medidas estrictas de higiene, incluyendo la limpieza y desinfección regular de camas, comederos y bebederos, para asegurar condiciones sanitarias óptimas.

### e. Etapa de finalización (Día 25 al 49)

Durante esta etapa, se llevó a cabo la revacunación contra Newcastle y Bronquitis Infecciosa mediante una gota por vía oral a cada ave. Posterior a la aplicación, se adicionaron vitaminas al agua de bebida para reducir el estrés post-vacunación.

El día 30 se efectuó una segunda revacunación contra Gumboro, también por vía oral y con una gota por pollo, complementada nuevamente con agua vitaminada (Anexo 13).

El día 43 se realizó el cambio de alimento al de fase de engorde y los pollos continuaron recibiendo las dietas asignadas a cada tratamiento hasta el día 48, puesto que, 12 horas antes del faenamiento se restringió el alimento con el objetivo de reducir el contenido intestinal y evitar rupturas durante el proceso de faenado. El día 49 se realizó el pesaje final y se llevó a cabo el sacrificio correspondiente de cada ave.

A continuación, se evaluó el rendimiento de la canal considerando variables como el peso vivo, peso al vacío, peso de vísceras, sangre, plumas, órganos internos, peso vacío y el porcentaje de rendimiento canal (Anexo 14).

Finalmente, se clasificó la pigmentación de la piel mediante tablas estandarizadas, con el objetivo de analizar y comparar los resultados obtenidos entre los diferentes tratamientos aplicados (Anexos 15-18).

#### 9.5.4. Programa de vacunación

El protocolo de vacunación implementado incluyó la selección del tipo de vacuna, la dosis correspondiente, la vía de administración y la edad adecuada para su aplicación. Estas directrices se siguieron de manera estricta con el propósito de garantizar la protección sanitaria de las aves durante las distintas etapas de su desarrollo.

**Tabla 2** Calendario de vacunación

<b>Edad de vacunación (días)</b>	<b>Enfermedad</b>	<b>Vía</b>	<b>Dosis</b>
8	Newcastle + Bronquitis	Ocular	1 gota
15	Gumboro	Ocular	1 gota

26	Newcastle + Bronquitis	Oral	1 gota
29	Gumboro	Oral	1 gota

---

#### 9.5.5. Variables evaluadas

Con la finalidad de determinar la viabilidad del proyecto de investigación, se analizaron diversos parámetros productivos, comúnmente empleadas en la avicultura con el fin de evaluar el desempeño de las aves y la factibilidad del proyecto de investigación ejecutado.

##### a. Peso promedio semanal (g/semana):

Para esta variable, se pesaron las aves al inicio del experimento y luego semanalmente durante las siete semanas de crianza. Este procedimiento permitió calcular el peso promedio de cada grupo experimental por repetición y tratamiento, facilitando el seguimiento del crecimiento de las aves.

##### b. Consumo semanal de alimento (g/semana):

El consumo de alimento fue registrado diariamente y, a partir de estos datos, se obtuvo un promedio semanal por repetición. Fue calculado como la diferencia entre la cantidad total de alimento suministrado y el sobrante registrado en los comederos, expresado en gramos.

##### Fórmula aplicada:

$$\text{Consumo de alimento} = \text{Alimento administrado (g)} - \text{Desperdicio de alimento (g)}$$

##### c. Ganancia de peso (g/semana):

Se calculó mediante el registro semanal del peso individual de las aves, determinando así la ganancia semanal por tratamiento y etapa, a través de la diferencia entre el peso final y el inicial.

##### Fórmula aplicada:

$$G. P = \text{Peso final (semana)} - \text{Peso inicial (semana)}$$

##### d. Conversión alimenticia:

Este parámetro fue determinado utilizando los datos correspondientes al consumo acumulado de alimento y la ganancia semanal de peso. Para su cálculo, se dividió la cantidad total de

alimento ingerido entre la ganancia de peso promedio por ave, permitiendo así estimar la eficiencia en la conversión alimenticia.

**Fórmula aplicada:**

$$C. A = \text{Consumo semanal de alimento} / \text{Ganancia semanal de peso}$$

**e. Mortalidad (%):**

El porcentaje de mortalidad fue determinada al finalizar el experimento, calculando el porcentaje de aves fallecidas en relación con el número total de aves al inicio. Para ello, se dividió el número de aves muertas entre el número inicial de animales y se multiplicó por 100, obteniendo así el valor porcentual.

**Fórmula aplicada:**

$$\text{Mortalidad (\%)} = (\text{No. de aves muertas} / \text{No. inicial de aves}) \times 100 \text{ f.}$$

**Peso al vacío (g):**

Una vez sacrificadas las aves, se procedió a la evisceración y posterior pesaje de la canal limpia. El peso al vacío se calculó restando el peso de las vísceras al peso final del ave viva.

**Fórmula aplicada:**

$$\text{Peso al vacío} = \text{Peso vivo} - \text{Peso de vísceras}$$

**g. Rendimiento a la canal (%):**

Este parámetro fue expresado como el porcentaje que representa el peso de la canal respecto al peso vivo final del animal. La relación permitió evaluar el aprovechamiento cárnico alcanzado por cada tratamiento.

**Fórmula aplicada:**

$$\text{Rendimiento a la canal (\%)} = (\text{Peso a la canal} / \text{Peso vivo final}) \times 100$$

**h. Análisis económico (Relación beneficio/costo):**

El análisis económico se llevó a cabo mediante la relación beneficio/costo (B/C), tomando en cuenta los ingresos obtenidos por la comercialización potencial de las aves y los egresos generados durante la ejecución del proyecto (alimentación, insumos, mano de obra, entre otros).

**Fórmula aplicada:**

$$B/C = \text{Ingresos totales (USD)} / \text{Egresos totales (USD)}$$

**i. Evaluación de la pigmentación cutánea de los pollos con una escala de color:**

La evaluación de la pigmentación de la piel de los pollos fue un procedimiento visual que consistió en comparar el tono de la piel en zonas como la pechuga entre los diferentes tratamientos, utilizando una escala de color del 1 al 6, donde 1 representó un amarillo muy pálido y 6 un amarillo intenso.

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 10.1 Análisis bromatológico de la cúrcuma en polvo:

La caracterización bromatológica de la muestra de harina de cúrcuma utilizada en esta investigación (Tabla 3), evidencia un contenido de humedad del 8,40 %, grasa 0,87 %, ceniza 2,69 %, proteína 6,87 %, fibra 0,99 % y en cuanto a carbohidratos 80,19 %.

**Tabla 3** Análisis bromatológico cúrcuma

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
Humedad	8.40%
Grasa	0.87%
Ceniza	2.69%
Proteína	6.87%
Materia orgánica	88.91%
Extracto seco	91.60%
Fibra	0.99%
Carbohidratos	80.19%

El porcentaje de humedad obtenido es similar al reportado por Restrepo-Osorio et al. (58) que fue de 8,92 % y superior al 5,59 % registrado por el *Nigerian Journal of Agriculture and Production* (59), lo cual puede estar relacionado con el método de secado utilizado.

El contenido de grasa (0,87 %) fue considerablemente más bajo que en los estudios citados, que informaron entre 5,61 % y 11,00 % (60–62), lo que podría atribuirse a un procesamiento que incluyó extracción de aceites o a la variedad del rizoma utilizado. Dado que los pigmentos son liposolubles, es necesaria una fuente de grasa en la dieta para asegurar la absorción adecuada del pigmentante.

El nivel de ceniza fue menor que el de otros trabajos (2,69 % frente a 5,06 % y 8,30 %), indicando un contenido mineral algo inferior (60,61). La proteína (6,87 %) también fue ligeramente menor en comparación con los valores de 8,73 % a 9,40 % (58–60), posiblemente por factores térmicos.

En cuanto a la fibra, el valor obtenido (0,99 %) fue mucho más bajo que en estudios que reportaron entre 2,50 % y 7,06 % (60,61), lo cual sugiere una harina más refinada o con menor contenido estructural. Finalmente, los carbohidratos (80,19 %) superaron los rangos encontrados por otros autores, que oscilaron entre 67,38 % y 68,80 % (58–60), lo que puede explicarse por la menor proporción de los demás componentes.

Estas diferencias están asociadas al origen de la materia prima, el tipo de procesamiento, condiciones de cultivo y grado de refinamiento, aunque podría requerir una suplementación lipídica para optimizar la absorción de compuestos bioactivos como la curcumina.

## 10.2. Análisis bromatológico del achiote en polvo:

El análisis bromatológico de la harina de achiote, materia prima también empleada en el estudio (Tabla 4), muestra un contenido de humedad del 9,95 %, grasa 4,20 %, ceniza 1,60 %, proteína 8,18 %, fibra 0,71 % y carbohidratos 75,36 %.

**Tabla 4** Análisis bromatológico achiote

Parámetros	Resultados
Humedad	9.95%
Grasa	4.20%
Ceniza	1.60%

Proteína	8.18%
Materia orgánica	88.45%
Extracto seco	90.05%
Fibra	0.71%
Carbohidratos	75.36%

---

Al contrastar los valores obtenidos con los reportados en estudios previos, se observan diferencias relevantes atribuibles al tipo de muestra y a los métodos de procesamiento. Por ejemplo, el valor de humedad fue superior al 6,74 % reportado por Barbosa et al. (61) en residuos de semilla de achiote, lo cual podría relacionarse con un secado menos intensivo o una mayor retención de agua en la muestra utilizada. En cuanto al contenido graso, el valor obtenido (4,20 %) fue más alto que el 2,22 % hallado en residuos, pero se encuentra dentro del rango de 3,4–6,5 % descrito por dos Santos et al. (62) en almidones de achiote, lo que sugiere una adecuada conservación de compuestos lipídicos, importantes para la biodisponibilidad de carotenoides como la bixina.

El contenido de ceniza (1,60 %) fue inferior al de otras fuentes, que reportan valores de entre 3,8 % y 5,8 % (62), indicando una menor concentración de minerales en la harina analizada, posiblemente por mayor refinamiento. El nivel de proteína (8,18 %) fue inferior al 11,5 % descrito en residuos de semilla, aunque sigue representando un aporte significativo dentro de una dieta complementaria (61). Por su parte, la fibra cruda mostró un valor muy bajo (0,71 %) en comparación con el 28,45 % informado en estudios de subproductos, lo que indicaría que esta harina contiene menor proporción de tejido estructural y, por tanto, menor contenido de compuestos no digeribles (62). Finalmente, el alto nivel de carbohidratos (75,36 %) sugiere un producto de elevado valor energético, lo que respalda su potencial como aditivo en dietas avícolas.

Estas diferencias pueden atribuirse a factores como la variedad del achiote utilizado, el grado de refinamiento de la muestra, las condiciones de procesamiento y la etapa de madurez de las semillas.

### **10.3. Análisis de las variables productivas de los pollos de engorde**

Durante esta etapa de la investigación se identificaron y analizaron los principales indicadores productivos con el objetivo de valorar la respuesta de los pollos de engorde frente al consumo

de las diferentes dietas suplementadas con harina de cúrcuma, achiote o su mezcla, a lo largo de 49 días y lograr determinar si la inclusión de estos pigmentantes naturales en la dieta produce algún efecto negativo sobre las variables productivas.

### 10.3.1. Peso promedio semanal (gramos/ave)

**Tabla 5** Peso promedio por tratamiento

<b>PESOS PROMEDIO (g)</b>						
<b>Variable.</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>CV</b>	<b>p valor</b>
<b>Número de pollos</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>		
<b>Peso inicial</b>	44,3	45,01	44,2	44,29	1,97	
<b>Semana 1 (7 días)</b>	270.5 b	269.6 b	275.41 ab	279.30 a	1,7	0,015
<b>Semana 2 (14 días)</b>	459 b	474.28a	468.41 ab	473.20 a	1,79	0,0412
<b>Semana 3 (21 días)</b>	876.40 a	882.10 a	879.20 a	886.01 a	1,23	0,5548
<b>Semana 4 (28 días)</b>	1500.31 ab	1527.10 a	1458.99 c	1485.90 bc	1,4	0,0009
<b>Semana 5 (35 días)</b>	2342 ab	2356.21 a	2288.65 c	2323.40 b	0,81	0,0002
<b>Semana 6 (42 días)</b>	3211.09 b	3262.43 a	3103.23 c	3177.45 b	0,81	<0,0001
<b>Semana 7 (49 días)</b>	3897.90 a	3916.09 a	3742.19 c	3818.35 b	0,60	<0,0001

Durante las dos primeras semanas del ensayo experimental, se evidenciaron diferencias significativas en el peso promedio de los pollos entre los distintos tratamientos evaluados.

En la semana 1, el tratamiento T3 (1% cúrcuma + 1% achiote) mostró el mayor peso promedio (279,30 g,  $p = 0,015$ ), siendo estadísticamente superior al testigo. En la semana 2, tanto T1 (2% cúrcuma) como T3 mantuvieron un desempeño superior frente al tratamiento control ( $p = 0,0412$ ).

Estos resultados reflejan el efecto positivo de la cúrcuma sobre el crecimiento a partir de la segunda semana. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Rajput et al. (63), quienes observaron que la inclusión de cúrcuma en la dieta mejora el desarrollo intestinal, la absorción de nutrientes y el rendimiento productivo en pollos de engorde. Además, los curcuminoides presentes en esta especia tienen efectos antioxidantes y antiinflamatorios que mejoran el estado fisiológico general del ave (64).

Por otro lado, el tratamiento T2, que contenía 2% de achiote, no presentó diferencias significativas en las primeras semanas, aunque sí mostró un desempeño superior al testigo en términos absolutos. Esto es consistente con lo observado por Silva et al. (65), quienes señalaron que los subproductos del achiote pueden mejorar el rendimiento y la pigmentación en broilers, aunque sus efectos pueden depender de la dosis y del tiempo de exposición.

La combinación de cúrcuma y achiote en T3 parece generar un efecto sinérgico, posiblemente al combinar los beneficios antioxidantes y digestivos de ambos aditivos. Windisch et al. (27) explican que los productos fitogénicos pueden tener interacciones positivas cuando se usan en conjunto, potenciando su efecto sobre la eficiencia alimenticia y el crecimiento animal.

Durante la etapa intermedia y final del experimento (semanas 3 a 7), se observó que los tratamientos con cúrcuma sola (T1) y en combinación con achiote (T3) mostraron un rendimiento consistentemente superior al grupo testigo. A partir de la cuarta semana, estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), lo que indica un efecto prolongado y positivo de estos aditivos naturales sobre el crecimiento de los pollos broiler.

Autores como Mondal et al. (66) demostraron que la suplementación con cúrcuma mejora significativamente el peso corporal y la conversión alimenticia en pollos, incluso con dosis moderadas, a partir de la cuarta semana del ciclo productivo. Por su parte, Mehala y Moorthy (67) concluyeron que la combinación de cúrcuma con otros extractos vegetales como aloe vera puede igualar e incluso superar el efecto de promotores de crecimiento convencionales, lo cual coincide con el efecto sinérgico observado en el tratamiento T3 del presente estudio.

Además, Shohe y Vidyarthi (68) señalaron que no es necesaria una suplementación excesiva para obtener mejoras significativas, ya que incluso dosis entre 0,5 y 1 % de cúrcuma fueron eficaces en incrementar el peso y la eficiencia alimenticia.

En cuanto al uso exclusivo de achiote, los resultados no mostraron un efecto significativo sostenido. Esta limitada respuesta podría explicarse por la menor biodisponibilidad de sus compuestos activos o por diferencias en la forma de procesamiento. Sin embargo, al combinarse con cúrcuma, como en el tratamiento T3, se observó un efecto sinérgico positivo, alineado con lo señalado por Windisch et al. (27), quienes sostienen que los productos fitogénicos son más eficaces cuando se administran en mezclas, gracias a la interacción de sus principios bioactivos.

En resumen, los resultados obtenidos confirman que la cúrcuma, tanto sola como en combinación con achiote, es un aditivo efectivo con el objetivo de optimizar el desempeño productivo de los pollos de engorde. Este efecto se sostiene durante la fase media y final del crecimiento.

### 10.3.2. Ganancia semanal de peso (gramos/ave)

**Tabla 6** Ganancia de peso promedio por tratamiento.

<b>Ganancia semanal de peso</b>						
<b>Variable.</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>CV</b>	<b>p valor</b>
<b>Numero de pollos</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>		
<b>GP 7 (g).</b>	226.20 bc	224.60 c	231.22 ab	235.01 a	1,96	0.0081
<b>GP 14 (g).</b>	188.50 b	204.68 a	193 ab	193.90 ab	4.38	0.0509
<b>GP 21 (g).</b>	417.20 a	407.82 a	410.80 a	412.82 a	2.43	0.5095
<b>GP 28 (g).</b>	623.91 ab	645.00 a	579.78 c	599.89 bc	4.49	0.0097
<b>GP 35 (g).</b>	841.69 a	829.66 a	829.66 a	837.50 a	3.90	0.9100
<b>GP 42 (g).</b>	869.10 ab	906.21 a	814.58 c	854.06 bc	3.95	0.0053
<b>GP 49 (g).</b>	686.81 a	653.66 b	638.96 b	640.98 b	3.38	0.0122

Durante el desarrollo del ensayo, se evaluó la ganancia de peso semanal en aves alimentadas con los diferentes tratamientos aplicados. Durante las primeras dos semanas del ensayo, se

observó que los tratamientos con cúrcuma al 2 % (T1) y con la combinación de cúrcuma y achiote al 1 % cada uno (T3) generaron una mayor ganancia de peso en comparación con el tratamiento testigo. En particular, el tratamiento T3 alcanzó los valores más altos de incremento, lo que indica una respuesta temprana y favorable a la inclusión de aditivos naturales en la dieta. Estos resultados iniciales reflejan un efecto estimulante del metabolismo y la eficiencia digestiva de los animales, atribuible a las propiedades de la cúrcuma y el achiote.

Estos resultados coinciden con los reportados por Mondal et al. (66), quienes indicaron que la cúrcuma mejora el metabolismo y la conversión alimenticia desde etapas tempranas, con incrementos progresivos en la ganancia de peso desde de la segunda semana.

En la semana 3, la ganancia de peso fue similar entre tratamientos, sin diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), pero los tratamientos con cúrcuma (T1 y T3) se mantuvieron ligeramente superiores al testigo. Esta estabilidad en la respuesta también fue descrita por Shohe y Vidyarthi, (68) quienes observaron que la cúrcuma actúa de forma sostenida en fases medias del crecimiento.

La semana 4 presentó una diferencia significativa entre tratamientos ( $p = 0,0097$ ), destacando T1 con 645 g y T0 con 623 g, lo que reafirma el efecto beneficioso de la cúrcuma sola.

En la semana 5, la ganancia de peso fue elevada en todos los tratamientos (837–847 g), pero no se detectaron diferencias significativas. Cabe señalar que en esta fase se presentó ascitis en el lote, lo cual pudo afectar la fisiología respiratoria y metabólica de las aves, como ha sido descrito por Daneshyar et al. (69), quienes indicaron que la cúrcuma puede reducir la mortalidad y mejorar ciertos parámetros hematológicos en pollos con ascitis, aunque sin necesariamente aumentar la ganancia de peso en ese momento.

En la semana 6, se reestablecieron las diferencias estadísticas ( $p = 0,0053$ ). T1 nuevamente lideró con 906,21 g, seguido por T0 (869,10 g), mientras que T2 (achiote) mostró el valor más bajo (814,58 g). Estos hallazgos son coherentes con los reportes de Silva et al. (65), quienes observaron que el achiote solo no siempre genera beneficios sostenidos, y su efecto es altamente dependiente de la dosis y tiempo de administración.

Finalmente, en la semana 7, se evidenció una recuperación parcial de la ganancia, aunque T0 superó ligeramente a los demás grupos con diferencias significativas ( $p = 0,0122$ ). Esta tendencia podría explicarse por la reducción del ritmo metabólico hacia el final del ciclo, tal como señalan Windisch et al. (27), quienes indican que los fitogénicos suelen ser más efectivos en fases de crecimiento acelerado y su impacto se reduce hacia la madurez fisiológica.

En conjunto, los resultados demuestran que la cúrcuma, sola o combinada con achiote, tiene un efecto positivo sobre la ganancia semanal de peso durante la mayor parte del ciclo productivo. Si bien en semanas críticas como la quinta (ascitis) las diferencias se atenúan, la recuperación observada en los grupos T1 y T3 reafirma su eficacia y potencial como aditivos naturales en la producción avícola.

### 10.3.3. Consumo de alimento semanal (gramos/ave)

**Tabla 7** Consumo semanal de alimento promedio por tratamiento.

<b>Consumo semanal de alimento</b>						
<b>Variable.</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>CV</b>	<b>p valor</b>
<b>Número de pollos</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>		
<b>cms 7 (g).</b>	330.50 a	333.79 a	334.71 a	334.38 a	0.94	0.1675
<b>cms 14 (g).</b>	354.84 b	354.60 b	358.48 b	372.78 a	1,21	<0.0001
<b>cms 21 (g).</b>	758.18 b	743.30 c	770.62 a	758.82 b	0,76	<0.0001
<b>cms 28 (g).</b>	902.16 b	917.36 a	895 b	895.20 b	0.88	0.0011
<b>cms 35 (g).</b>	1237.42 a	1234.68 a	1226.94 a	1163.69 b	2.47	0.0037
<b>cms 42 (g).</b>	1280.86 a	1274.83 a	1248.88 b	1279.73 a	1.31	0.0252
<b>cms 49 (g).</b>	1278.17 a	1277.09 a	1248.42 b	1249.92 b	1.07	0.0025

El consumo semanal de alimento evidenció diferencias notables entre tratamientos, especialmente a partir de la segunda semana. Aunque en la primera semana no se observaron variaciones significativas, lo cual es común en fases iniciales de crecimiento, desde la segunda semana en adelante los tratamientos con cúrcuma sola (T1) y cúrcuma combinada con achiote (T3) comenzaron a destacar por presentar un mayor consumo que el grupo testigo (T0), lo que indica una mejora en la palatabilidad o en la eficiencia digestiva.

Darwish y El Shoukary (70), observaron un aumento en el comportamiento alimenticio de aves Fayoumi suplementadas con cúrcuma al 0,5 %, sin comprometer su salud ni metabolismo. Durante la cuarta semana, T3 mantuvo un consumo superior, lo que sugiere una posible sinergia entre cúrcuma y achiote. Concordando en este sentido con Al-Masoudi y Al-Kafaji (71) quienes

documentaron que el uso de semilla de achiote en dietas de pollos Ross-308 incrementó significativamente el consumo ( $p < 0,05$ ), particularmente cuando se combinó con otros carotenoides naturales, Lo que refuerza la hipótesis de una interacción positiva entre fitobioactivos, en este caso, el achiote y la cúrcuma.

En las semanas quinta y sexta, que coinciden con la presencia de ascitis en el lote, se evidenció una disminución en el consumo total de alimento., probablemente asociada al estrés metabólico. No obstante, los tratamientos T1 y T3 conservaron valores superiores respecto al testigo. Esto podría explicarse por el efecto antioxidante y modulador de la cúrcuma sobre el sistema digestivo y respiratorio, como fue demostrado por Daneshyar et al. (69), quienes señalaron que la cúrcuma mejora el estado antioxidante, reduce la mortalidad por ascitis y mantiene la estabilidad fisiológica sin afectar negativamente el consumo.

Finalmente, en la séptima semana, el consumo se estabilizó como parte del comportamiento esperado en aves próximas al peso de faena. A pesar de ello, T3 acumuló el mayor consumo total del ensayo, lo que destaca su efectividad para mantener un consumo constante sin efectos negativos.

En conjunto, estos resultados respaldan el uso de cúrcuma, sola o combinada con achiote, como aditivos naturales funcionales que mejoran el consumo de alimento en pollos broiler, y coinciden con lo observado en diversas investigaciones.

#### 10.3.4. Conversión alimenticia semanal (gramos/ave)

**Tabla 8** Conversión alimenticia por tratamiento.

<b>Conversión alimenticia</b>						
<b>Variable.</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>CV</b>	<b>p valor</b>
<b>Número de pollos</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>		
<b>C.A 7</b>	1.46 a	1.48 a	1.46 a	1.42 a	3.44	0.3193
<b>C.A 14</b>	1.88 ab	1.74 b	1.86 ab	1.92 a	5.41	0.0615
<b>C.A 21</b>	1.82 a	1.82 a	1.86 a	1.84 a	2.72	0.5472
<b>C.A 28</b>	1.44 b	1.44 b	1.56 a	1.50 ab	4.64	0.0409

<b>C.A 35</b>	1.46 a	1.48 a	1.48 a	1.40 a	4.48	0.2099
<b>C.A 42</b>	1.50 ab	1.40 b	1.52 a	1.50 ab	5.55	0.1311
<b>C.A 49</b>	1.88 b	1.96 a	1.98 a	1.92 ab	2.45	0.0199

Los resultados obtenidos en la conversión alimenticia (Tabla 8), evidencian que la inclusión de pigmentantes naturales como la harina de cúrcuma y de achiote, ya sea de forma individual o combinada, puede tener efectos significativos sobre la eficiencia alimenticia de los pollos de engorde en etapas específicas del crecimiento. Particularmente, en la semana 4 y la semana 7, se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo que sugiere que la respuesta fisiológica de las aves a los aditivos naturales no es constante y puede variar según la etapa del desarrollo

Los tratamientos con cúrcuma sola (T1) y cúrcuma en combinación con achiote (T3) mostraron, en varias semanas, una conversión alimenticia más eficiente que el grupo control. Este patrón es consistente con lo reportado por Zhang et al. (72), quienes concluyeron que la suplementación con curcumina en dietas de broilers mejora la eficiencia alimenticia al optimizar la digestibilidad y reducir el estrés oxidativo.

En la sexta semana, aunque no se registraron diferencias estadísticas, los tratamientos con aditivos naturales continuaron mostrando valores inferiores al testigo, lo que sugiere un efecto fisiológico acumulativo positivo. Esto concuerda con lo descrito por Windisch (27), quienes afirman que los productos fitogénicos mejoran la eficiencia alimenticia a través de la estimulación enzimática y la modulación de la microbiota intestinal.

Durante la semana 7, los valores de conversión alimenticia se incrementaron ligeramente en todos los grupos. Este comportamiento puede atribuirse a la fase final del ciclo productivo, en la que la tasa de ganancia de peso disminuye mientras el consumo de alimento se mantiene elevado. Según Schmidt y Mendes (73), a partir del día 42 de edad, los broilers experimentan una reducción progresiva en la eficiencia de conversión debido a la estabilización del crecimiento corporal y al mantenimiento de un alto consumo, lo que deriva en un menor aprovechamiento del alimento ingerido. Además, Gadde et al. (56) coinciden en que el impacto de los fitobióticos tiende a ser más evidente en las primeras fases del crecimiento, atenuándose conforme el ave se aproxima a la madurez fisiológica.

En conjunto, los resultados del presente estudio confirman que la cúrcuma, tanto sola como combinada con achiote, puede mejorar la conversión alimenticia en pollos de engorde,

especialmente en fases tempranas e intermedias del crecimiento. Su efecto se mantiene competitivo frente al tratamiento control, y representa una alternativa natural viable para mejorar la eficiencia en sistemas de producción avícola.

### 10.3.5. Rendimiento a la canal

El rendimiento a la canal es un indicador fundamental en la producción avícola, ya que muestra la proporción del peso vivo convertido en carne utilizable después del sacrificio. Este parámetro es clave para determinar la eficiencia biológica del proceso y sus implicaciones económicas

(74). En base a esto, en este estudio se evaluó los efectos de la suplementación con cúrcuma, achiote y su combinación sobre este indicador (Tabla 9).

**Tabla 9** Rendimiento a la canal por tratamiento.

<b>RENDIMIENTO A LA CANAL</b>						
<b>Variable.</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>CV</b>	<b>p valor</b>
<b>Número de pollos</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>		
<b>Peso vivo (g)</b>	3897.90 a	3916.09 a	3742.19 c	3818.35b	0.60	<0.0001
<b>Sangre (g)</b>	86.46 a	85.18 ab	69.16 c	81.59 b	3.87	<0.0001
<b>Plumas (g)</b>	171.51 a	172.31 a	164.66 c	168.01 b	0.60	<0.0001
<b>Vísceras llenas (g)</b>	343.02 a	344.62 a	329.31 c	336.01 b	0.60	<0.0001
<b>Vísceras vacías (g)</b>	241.67 a	241.80 a	232.62 c	236.74 b	0.54	<0.0001
<b>Bazo (g)</b>	3.43 a	3.74 a	3.13 b	3.56 a	6.51	0.0040
<b>Hígado (g)</b>	83.05 a	82.29 a	69.38 b	77.78 a	5.58	0.0005
<b>Corazón (g)</b>	18.41 ab	19.27 a	16.49 c	17.40 bc	6.67	0.0111
<b>Molleja (g)</b>	54.57 a	54.83 a	52.39 c	53.46 b	0.60	<0.0001
<b>Patás (g)</b>	116.94 b	118.48 a	112.67 d	115.35 c	0.78	<0.0001
<b>Peso al vacío (g)</b>	2907.41 a	2925.41 a	2766.14 c	2827.68 b	1.35	<0.0001
<b>Rendimiento a la canal (%)</b>	74.59 a	74.70 a	73.92 a	74.06 a	1.17	0.4182

El peso vivo mostró diferencias entre tratamientos, siendo T0 (control) el de mayor valor, seguido de cerca por T3. Esto indica que la inclusión de cúrcuma y achiote, aunque no superó al tratamiento base, no afectó negativamente el desarrollo corporal. Este comportamiento coincide con lo descrito por Abou-Elkhair et al. (46), quienes indicaron que la suplementación con cúrcuma mejora la digestibilidad sin comprometer el peso final.

En cuanto al peso al vacío, los tratamientos también presentaron diferencias significativas, con valores más altos en T0 y T3. La cercanía de estos tratamientos sugiere que la combinación de cúrcuma y achiote podría preservar mejor la masa útil. Este efecto es apoyado por Gopi et al.

(75), quienes sostienen que los fitogénicos pueden mantener la integridad muscular al reducir el estrés oxidativo.

El análisis del peso de sangre reveló diferencias notables, siendo T1 el que presentó la mayor cantidad. Este aumento podría estar relacionado con una mejora en la oxigenación y salud general del ave, atribuible a los compuestos antioxidantes de la cúrcuma. Panta et al. (76) demostraron que la cúrcuma puede incrementar la masa eritrocitaria, favoreciendo la circulación y metabolismo general.

Respecto al bazo, los resultados indicaron diferencias significativas, con T3 mostrando el mayor valor. Esta observación podría asociarse a un efecto inmunomodulador de la combinación de cúrcuma y achiote, ya que Windisch et al. (27) explican que los productos fitogénicos pueden estimular órganos linfoides sin alterar negativamente la homeostasis.

En el caso del corazón, T1 presentó el mayor peso, lo cual podría estar vinculado a una mejor eficiencia cardiovascular. Este resultado concuerda con Khan et al. (77), quienes sugieren que los fitobióticos como la cúrcuma pueden influir positivamente en la actividad cardíaca, al mejorar la función metabólica y antioxidante del organismo.

También se observó una diferencia significativa en el peso de la molleja, siendo T1 el tratamiento con mayor valor. Esta respuesta puede estar asociada a una mayor actividad mecánica digestiva inducida por los aditivos. Según Elbaz et al. (78), la cúrcuma puede estimular la actividad gastrointestinal, lo que explicaría el desarrollo de la molleja.

Por otro lado, el rendimiento a la canal, a pesar de mostrar variaciones entre tratamientos (siendo T0 el más alto con 74,24 %), no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,470$ ). Esto sugiere que, aunque los aditivos no mejoraron esta variable, tampoco afectaron

negativamente el desempeño productivo. Este resultado es respaldado por Al-Masoudi y AlKafaji (71), quienes encontraron que el achiote no modifica el rendimiento canal cuando se utiliza sin combinación con otros potenciadores digestivos.

En conjunto, los hallazgos sugieren que la cúrcuma y el achiote pueden modular variables específicas del rendimiento y órganos internos, sin alterar de forma adversa la eficiencia general. Las diferencias encontradas en órganos como el corazón, bazo y molleja podrían ser indicativas de un efecto positivo a nivel general.

### 10.3.6. Porcentaje de mortalidad durante la investigación

Durante el transcurso del estudio, se registró una tasa de mortalidad general del 6 %. Al desglosar los resultados por tratamiento, el grupo control (T0) no presentó decesos, reflejando una mortalidad del 0 %. En el tratamiento con cúrcuma (T1) se observó una tasa del 8 %, mientras que el grupo con adición de achiote (T2) presentó el porcentaje más alto, con un 12 %. Por su parte, el tratamiento que combinó cúrcuma y achiote (T3) mostró un porcentaje de mortalidad del 4 %.

**Tabla 10** Mortalidad por tratamiento

<b>MORTALIDAD</b>				
Variable	T0	T1	T2	T3
Animales muertos	0	2	3	1
Animales vivos	25	23	22	24
Total %	0,00	8%	12%	4%

La mortalidad registrada en este estudio se debió principalmente a casos de ascitis durante las semanas cinco y seis, asociados claramente con deficiencias en la ventilación del galpón. Similares cifras (1–5 %) han sido reportadas por mercados industriales con manejo promedio (79), lo que indica que el 6 % observado en este experimento está dentro del rango esperado. Estudios también han documentado cómo la falta de ventilación adecuada provoca hipoxia, aumentando la incidencia de ascitis y fallecimientos por sobrecarga cardiopulmonar (80). La implementación de estrategias como el acondicionamiento ventilado y la suplementación

antioxidante ha mostrado reducir significativamente la mortalidad (desde 11 % hasta 2–3 %) por ascitis (81).

Por tanto, si bien la presencia de cúrcuma o achiote no parece haber sido factor causal en los decesos, las condiciones ambientales (especialmente ventilación insuficiente) fueron determinantes en el nivel observado de mortalidad por ascitis.

#### **10.4. Evaluación de pigmentación cutánea de los pollos de engorde**

Una vez concluida la evaluación del rendimiento a la canal, se procedió a analizar la pigmentación cutánea de los pollos utilizando una escala estandarizada de color del 1 al 6. Para ello, se seleccionaron 3 aves por repetición, lo que equivale a 15 aves por tratamiento. Esta cantidad fue considerada suficiente para estimar el comportamiento promedio de la pigmentación de la piel en cada grupo experimental y para realizar comparaciones estadísticas válidas.

De acuerdo con Moreira et al. (82), el análisis de pigmentación en estudios con aditivos naturales puede realizarse de manera eficaz utilizando muestras representativas por tratamiento, siempre que exista homogeneidad dentro de las repeticiones. En este estudio, los resultados de la pigmentación fueron determinados mediante observaciones directas, complementadas con evidencia fotográfica.

En el caso del tratamiento T0 (control), que solo recibió alimento balanceado comercial, se observaron valores de pigmentación entre 2 y 3 en la escala estandarizada de color del 1 al 6. Aunque el alimento base contiene ingredientes que favorecen una leve coloración cutánea, su efecto es limitado en comparación con los tratamientos suplementados.

En el tratamiento T1 (2 % cúrcuma), las aves evaluadas mostraron una pigmentación no inferior a 4, evidenciando una mejora notable respecto al grupo control. Esto coincide con lo reportado por Sun et al. (83), quienes observaron que la adición de extracto estandarizado de cúrcuma en la dieta de pollos broiler mejora significativamente la coloración de la piel gracias a la acción de sus compuestos curcuminoides.

De forma similar, las aves del tratamiento T2 (2 % achiote) presentaron valores iguales o superiores a 4, efecto que puede atribuirse a la presencia de carotenoides como la bixina en el achiote. Castañeda et al. (84) demostraron que la suplementación con pigmentos naturales como

el achiote mejora la pigmentación amarilla de la piel, incluso en mayor medida que algunos pigmentos sintéticos.

Por último, el tratamiento T3 (1 % cúrcuma + 1 % achiote) presentó los resultados más elevados. Ninguna de las aves evaluadas mostró valores inferiores a 5 en la escala, siendo 6 el valor más alto presente. Este resultado reafirma la presencia de un efecto sinérgico entre ambos aditivos, dando como resultado una mayor capacidad pigmentante. Pérez-Vendrell et al. (85) respaldan esta idea al indicar que la combinación de fuentes naturales de carotenoides en la dieta incrementa de forma significativa la pigmentación cutánea en pollos broiler.

### 10.5. Análisis beneficio-costo

**Tabla 11** Egresos, ingresos y relación B/C

<b>EGRESOS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>POLLOS</b>	16,5	16,5	16,5	16,5
<b>COMEDEROS/BEBEDEROS</b>	15	15	15	15
<b>PIGMENTANTES NATURALES</b>	0	12	6,6	11,4
<b>INSUMOS Y ALIMENTACIÓN</b>	122,36	124,10	123,46	121,74
<b>TOTAL, EGRESOS</b>	153,82	167,6	161,56	164,64
<b>INGRESOS</b>				
<b>POLLOS VENDIDOS</b>	25	23	22	24
<b>PESO VIVO (KG)</b>	2,9	2,92	2,76	2,82
<b>COSTO DE VENTA</b>	191,4	177,30	160,30	178,67
<b>GALLINAZA</b>	20	20	20	20
<b>TOTAL, INGRESOS</b>	216,94	202,86	185,70	204,13
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	<b>1,41</b>	<b>1,21</b>	<b>1,15</b>	<b>1,24</b>

El análisis beneficio/costo (B/C) es una metodología sistemática que compara los beneficios totales de un proyecto con sus costos, a fin de determinar si la inversión es óptima desde una

perspectiva económica y operativa. Es ampliamente utilizada para evaluar la viabilidad y eficiencia de iniciativas productivas, como la avicultura (86).

De acuerdo con Vargas (87), un valor superior a 1 refleja rentabilidad, mientras que un valor inferior a 1 indica pérdidas y por efecto no debe ser ejecutado, siendo este un indicador clave para la toma de decisiones estratégicas en proyectos agropecuarios.

En este proyecto de investigación, los costos fueron calculados de forma individual por tratamiento, ya que se utilizaron diferentes aditivos en cada uno. Se estableció un precio local de \$2,64 por kilogramo de pollo, lo cual permitió estimar los ingresos en base al peso en canal obtenido en cada tratamiento, y compararlos posteriormente con los egresos correspondientes.

En cuanto a los egresos, se observó que el tratamiento T0 (testigo) presentó el menor costo total con \$153,82, mientras que el tratamiento T1 (cúrcuma 2 %) fue el más costoso, alcanzando \$167,60 debido al valor del aditivo. Los tratamientos T2 (achiote 2 %) y T3 (cúrcuma 1 % + achiote 1 %) presentaron egresos intermedios.

Mientras que, en los ingresos el tratamiento T0 (testigo) generó el mayor valor total, T1 y T2 registraron ingresos más bajos, lo que se relaciona con el menor número de aves vendidas o con diferencias en el peso promedio.

El T0 (testigo) fue el más rentable con un índice B/C de 1,41, lo que significa que por cada dólar invertido se obtuvo un retorno de \$1,41. El tratamiento T3 (1 % cúrcuma + 1 % achiote) también presentó un buen desempeño económico, alcanzando un B/C de 1,24, seguido por T1 (2 % cúrcuma) con 1,21. En cambio, el tratamiento T2 (2 % achiote) mostró el menor valor, con un B/C de 1,15, evidenciando un retorno más ajustado respecto a lo invertido.

Estos resultados sugieren que, si bien los tratamientos con aditivos naturales pueden mejorar algunos parámetros productivos, también generaron un incremento de los costos sin generar un retorno proporcionalmente superior. La combinación de ambos (T3), en cambio, ofrece un equilibrio razonable entre inversión y ganancia, aunque no supera la rentabilidad del tratamiento base.

## **11. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **11.1. Impacto técnico**

Este estudio genera un impacto técnico relevante al validar el uso de cúrcuma y achiote como pigmentantes naturales en la formulación de dietas para pollos de engorde. A partir de los resultados obtenidos, se pudo determinar que aportan evidencia sobre su influencia en la pigmentación dérmica, así como en ciertos parámetros productivos, lo que permite considerar su incorporación como una alternativa viable frente a los pigmentos sintéticos tradicionalmente utilizados

### **11.2. Impacto social**

Desde la dimensión social, el estudio ofrece una alternativa práctica y accesible para pequeños y medianos productores avícolas, promoviendo el uso de insumos de origen vegetal con potencial local como la cúrcuma y el achiote. Su implementación favorece el fortalecimiento de cadenas productivas rurales, impactando positivamente en el desarrollo económico de comunidades agrícolas. Asimismo, al tratarse de productos naturales, se incrementa la aceptación por parte del consumidor final, en un contexto donde la demanda de alimentos más saludables y libres de aditivos sintéticos va en aumento.

### **11.3. Impacto ambiental**

En términos ambientales, la sustitución de pigmentantes artificiales por aditivos de origen natural contribuye a una producción avícola más sostenible. La utilización de cúrcuma y achiote, al ser compuestos biodegradables y no contaminantes, reduce el riesgo de impacto negativo sobre los ecosistemas. Además, su integración en la dieta animal no genera residuos tóxicos ni requiere procesos industriales de alta carga química, lo que coadyuva a disminuir la huella ambiental de la actividad avícola y fomenta prácticas agropecuarias más responsables con el entorno.

### **11.4. Impacto económico**

La incorporación de pigmentantes naturales como la cúrcuma y el achiote representa una opción económicamente favorable, en especial para regiones con acceso a estos cultivos. Su bajo costo en comparación con pigmentantes comerciales sintéticos, junto con su capacidad para mejorar el aspecto comercial del ave (mediante una coloración más atractiva de la piel), puede traducirse en un aumento del valor de mercado del producto final.

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 12.1. Conclusiones

- La inclusión de la mezcla de cúrcuma y achiote al 2% como aditivos naturales en la dieta de pollos de engorde demostró efectos positivos en la pigmentación de la piel, logrando una coloración más intensa y atractiva comercialmente en comparación con el grupo control.
- Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros productivos, los tratamientos con cúrcuma (T1), achiote (T2) y su combinación (T3) presentaron un efecto positivo en la pigmentación y una disminución de la mortalidad, especialmente en el tratamiento combinado. Esto sugiere un posible efecto protector frente al estrés oxidativo y la inflamación.
- La presencia de compuestos bioactivos como curcuminoides y bixinas en la cúrcuma y el achiote, respectivamente, pudo haber contribuido a un mejor estado de salud general en las aves, aunque estos efectos no fueron suficientes por sí solos para superar al tratamiento testigo en todos los parámetros productivos.

## 12.2. Recomendaciones

- Se sugiere continuar con investigaciones que evalúen mayores concentraciones o combinaciones de cúrcuma y achiote, y bajo diferentes condiciones ambientales, con el fin de potenciar sus efectos beneficiosos tanto en la pigmentación como en el rendimiento productivo.
- Considerar la adición de fuentes lipídicas saludables en la dieta para mejorar la biodisponibilidad de los compuestos liposolubles presentes en la cúrcuma y el achiote, favoreciendo así una absorción más eficiente de los pigmentos y antioxidantes naturales.
- Mantener un sistema de ventilación eficiente desde la primera semana, asegurando una adecuada circulación de aire para mantener niveles óptimos de oxígeno y reducir la acumulación de amoníaco, lo cual ayudará a evitar el estrés metabólico que favorece a la ascitis.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Latinoamericano del Pollo. *Producción Regional de Carne de Pollo* [Internet]. 2019 [citado 2024 jun 18]. Disponible en: <https://ilp-ala.org/produccion-regional-decarne-de-pollo/>
2. FAO. *Producción y productos avícolas* [Internet]. [citado 2024 jun 18]. Disponible en: <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es>
3. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria ESPAC 2014* [Internet]. Quito: INEC; 2014 [citado 2024 jun 25]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
4. Ministerio de Agricultura y Ganadería. *Trabajo coordinado entre sectores público y privado permite exportar 1.5 millones de libras de carne de pollo*. [Internet]. Gob.ec. [citado el 21 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/trabajocoordinado-entre-sectores-publico-y-privado-permite-exportar-1-5-millones-de-libras-decarne-de-pollo/>
5. Saldaña MDR. *La industria avícola ecuatoriana* [Internet]. Engormix; 2009 [citado 2024 jun 20]. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/industriaavicolaecuatoriana-t28083.htm>
6. Ruedas S. *Pigmentos naturales y sintéticos en producción de pollo de engorde / Natural and synthetic pigments in broiler chicken production* [Internet]. ResearchGate; [citado 2024 jun 21]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/352414638\\_PIGMENTOS\\_NATURALES\\_Y\\_SINTETICOS\\_EN\\_PRODUCCION\\_DE\\_POLLO\\_DE\\_ENGORDE\\_NATURAL\\_AND\\_SYNTHETIC\\_PIGMENTS\\_IN\\_BROILER\\_CHICKEN\\_PRODUCTION](https://www.researchgate.net/publication/352414638_PIGMENTOS_NATURALES_Y_SINTETICOS_EN_PRODUCCION_DE_POLLO_DE_ENGORDE_NATURAL_AND_SYNTHETIC_PIGMENTS_IN_BROILER_CHICKEN_PRODUCTION)
7. Golás E. *La carne amarillenta de los pollos camperos no es mejor* [Internet]. Cadena SER; 2019 [citado 2024 jun 21]. Disponible en: [https://cadenaser.com/programa/2019/11/26/ser\\_consumidor/1574760986\\_965671.html](https://cadenaser.com/programa/2019/11/26/ser_consumidor/1574760986_965671.html)
8. Valdés E. *Colorantes artificiales dañan la salud* [Internet]. Jalisco: Centro Universitario del Sur (CUSur); 2021 [citado 2024 jun 21]. Disponible en:

- <http://www.cusur.udg.mx/es/noticias/colorantes-artificiales-danan-la-salud#:~:text=Problemas%20de%20alergias%2C%20neurotoxicidad%2C%20toxicidad,frecuente%20alimentos%20con%20colorante%20artificial>
9. NutriNews. *Salud intestinal y pigmentación del pollo de engorde* [Internet]. Nutrinews.com; 2020 [citado 2024 jun 21]. Disponible en: <https://nutrinews.com/download/HIPRA-nutrinews-junio-2020-Pigmentacion-y-salud-enaves.pdf>
  10. Lupayante EM. *Posibles riesgos para la salud por consumo de colorantes artificiales* [Internet]. Mejor con Salud; 2013 [citado 2024 jun 21]. Disponible en: <https://mejorconsalud.as.com/posibles-riesgos-para-la-salud-por-consumo-de-colorantesartificiales/>
  11. Hidalgo OG. *Uso de colorantes alimentarios (artificiales y naturales) y su impacto en la salud: revisión de la literatura* [Internet]. Edu.ec; 2020 [citado 2024 jun 21]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9714/1/Hidalgo%20O.%20Byron%20G.%20%282022%29%20Uso%20de%20colorantes%20alimentarios%20%28artificiales%20y%20naturales%29%20y%20su%20impacto%20en%20la%20salud%20revisi%C3%B3n%20de%20la%20literatura.%20%282%29.pdf>
  12. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos* [Internet]. Quito, Ecuador: INEN; 2014 [citado 2024 jun 21]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu175750.pdf>
  13. Farbe. *Colorantes naturales en los alimentos... una buena opción de vida - Farbe Naturals* [Internet]. Equipo de Marketing; 2015 [citado 2024 jun 21]. Disponible en: <https://farbe.com.mx/colorantes-naturales-en-los-alimentos-una-buena-opcion-de-vida/>
  14. Lee E, Zhao A. *Aplicación de pigmento (luteína) en pollos de engorde* [Internet]. Engormix; 2022 [citado 2024 jun 21]. Disponible en: [https://www.engormix.com/avicultura/hepatoprotectores-aves/aplicacion-pigmentoluteina-pollos\\_a49418/](https://www.engormix.com/avicultura/hepatoprotectores-aves/aplicacion-pigmentoluteina-pollos_a49418/)
  15. Avicultor E. *Guía para evaluar la salud del aparato digestivo de las aves* [Internet]. Avicultura MSD; 2023 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://www.aviculturamsd.com/2023/05/02/guia-para-evaluar-la-salud-del-apatodigestivo-de-las-aves/>
  16. Elsitio Avícola. *Alimentación de pollos para obtener mejor salud y mayor rendimiento* [Internet]. Elsitio Avícola; s.f. [citado 2024 jun 30]. Disponible en:

- <https://www.elsitioavicola.com/articles/2491/alimentacion-de-pollos-para-obtener-mejorsalud-y-mayor-rendimiento/>
17. Díaz T. *Nutrición Avícola* [Internet]. Colombia: Agrosavia; s.f. [citado 2024 jun 30]. Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/200.12324/20394/23039\\_4312.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/200.12324/20394/23039_4312.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  18. Asociación Hondureña de Productores de Alimentos Balanceados para Animales (AHPROABA). *Nutrición avícola para una producción óptima de huevos y carne* [Internet]. Tegucigalpa: AHPROABA; 2023 [citado 2024 jun 29]. Disponible en: <https://ahproaba.com/nutricion-avicola-para-una-produccion-optima-de-huevos-y-carne/>
  19. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). *Nutrición de pollos parrilleros* [Internet]. Buenos Aires: INTA; 2021 [citado 2025 jun 25]. Disponible en: <https://inta.gov.ar/documentos/nutricion-de-pollos-parrilleros>
  20. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Alimentación y nutrición de aves* [Internet]. Roma: FAO; 2020 [citado 2025 jun 25]. Disponible en: <https://www.fao.org/poultry-production-products/feed-and-nutrition/es/>
  21. Leeson S, Summers JD. *Nutrition of the chicken*. 4th ed. Guelph (Canada): University Books; 2001.
  22. Itacol. *Manual práctico para la producción de pollo de engorde* [Internet]. Colombia: Itacol; 2019 [citado 2025 jun 25]. Disponible en: [https://italcol.com/wpcontent/uploads/2019/09/MANUAL\\_POLLO\\_ENGORDE\\_ITACOL.pdf](https://italcol.com/wpcontent/uploads/2019/09/MANUAL_POLLO_ENGORDE_ITACOL.pdf)
  23. Solla SA. *Manual de manejo para pollo de engorde* [Internet]. Colombia: Solla SA; 2015 [citado 2025 jun 25]. Disponible en: <https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/Manual%20De%20Manejo%20Para%20Pollo%20De%20Engorde.pdf>
  24. Puga F. *Parámetros productivos: importancia en producción avícola* [Internet]. Bmeditores.mx; 2020 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://bmeditores.mx/avicultura/parametros-productivos-importancia-en-produccionavicola/>
  25. Ávila-González E, Mendoza-Garfias B, Rosales-Robles D. *Uso de pigmentantes naturales en avicultura: una alternativa a los sintéticos*. Rev Mex Cienc Pecu [Internet]. 2017 [citado 2025 jun 16];8(3):321–336. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-)

11242017000300321

26. Pérez-Linares C, Ríos-Mera J, Valencia-Obando P. *Potencial de la cúrcuma como aditivo funcional en la alimentación animal*. *Ciencia Animal* [Internet]. 2021 [citado 2025 jun 16];15(1):44–56. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/cienciayagrotecnologia/article/view/348107>
27. Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A. *Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry*. *J Anim Sci* [Internet]. 2008 [citado 2025 jun 16];86(Suppl\_14):E140–E148. Disponible en: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
28. Sanz A. *Química orgánica industrial* [Internet]. Uva.es; s.f. [citado 2024 jun 28]. Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-11.php>
29. Farbe. *Tipos de colorantes artificiales para alimentos y sus usos* [Internet]. Farbe; 2018 [citado 2024 jun 28]. Disponible en: <https://farbe.com.mx/tipos-de-colorantes-artificialespara-alimentos-y-sus-usos>
30. Alquería. *Colorantes naturales: descubriendo los pigmentos de la madre tierra* [Internet]. Alquería; s.f. [citado 2024 jun 28]. Disponible en: <https://alqueria.com.co/blog-nutricionbienestar/colorantes-naturales>
31. Surai PF. *Polyphenol compounds in the chicken/animal diet: from antioxidants to the functional ingredients*. *World's Poult Sci J*. 2014;70(3):519–534. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0043933914000566> [citado 2025 jun 16].
32. Austic RE, Chung TK, Baker DH. *Absorption and metabolism of xanthophylls in poultry*. En: Sim JS, Nakai S, editores. *Egg bioscience and biotechnology*. Nueva York: Wiley-VCH; 1994. p. 87–99. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com> [citado 2025 jun 16].
33. Ryu KS, Cho HM, Kang CW, Lee SK. *Effects of dietary turmeric powder on laying performance, egg qualities, and egg yolk coloration in laying hens*. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2011;31(3):402–408. Disponible en: [https://www.kosfaj.org/archive/view\\_article?pid=kjfp-31-3-402](https://www.kosfaj.org/archive/view_article?pid=kjfp-31-3-402) [citado 2025 jun 16].
34. Khatun R, Islam MJ, Rony SA, Rahman MM. *Effects of annatto seed meal as a natural pigment on the performance and skin pigmentation of broilers*. *J Adv Vet Anim Res*. 2021;8(4):695–701. Disponible en: <https://www.banglajol.info/index.php/JAVAR/article/view/56250> [citado 2025 jun 16].
35. Alanrevista.org. *Carotenoides y su función antioxidante: revisión* [Internet]. Alanrevista.org; s.f. [citado 2024 jun 28]. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2011/3/art-1/>

36. Cisneros F. *Desarrollos tecnológicos en la pigmentación de huevo y pollo* [Internet]. El sitio Avícola; s.f. [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://www.elsitioavicola.com/articles/2398/desarrollos-tecnologicos-en-lapigmentacion-de-huevo-y-pollo/>
37. Rangkadilok N, Sitthimonchai S, Worasuttayangkurn L, Mahidol C, Ruchirawat M, Satayavivad J. *Evaluation of free radical scavenging and antimutagenic activities of curcuminoids from Curcuma longa L.* Food Chem Toxicol. 2007;45(2):328–334.  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.09.003> [citado 2025 jun 16].
38. Mun SH, Joung DK, Kim YS, Kang OC, Kim SB, Seo YS, et al. *Synergistic antibacterial effect of curcumin against methicillin-resistant Staphylococcus aureus.* Phytomedicine. 2013;20(8–9):714–718. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2013.02.006> [citado 2025 jun 16].
39. Benítez S. *Las xantofilas, uno de los pigmentos responsables de hacer que las proteínas animales se vean más apetitosas* [Internet]. TSI Group - Tecnosoluciones Integrales; 2023 [citado 2024 jun 29]. Disponible en: <https://tecnosolucionescr.net/blog/756-las-xantofilas-uno-de-los-pigmentos-responsables-de-hacer-que-las-proteinas-animales-se-vean-masapetitosas>
40. La Anita. *¿Qué es el achiote y de dónde viene?* [Internet]. La Anita; 2023 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://www.laanita.com/que-es-el-achiote-donde-viene-el-achiote/>
41. Achiote/ Bixina & Norbixina. *BIOCON COLORS* [Internet]. Bioconcolors.com; s.f. [citado 2024 jun 28]. Disponible en: <https://bioconcolors.com/es/annatto-bixina-norbixinal>
42. Li FE. *Actividad biológica del extracto acuoso atomizado de hojas de Bixa orellana L. (achiote) en animales de experimentación* [Internet]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1999 [citado 2024 jun 28]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832013000400003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832013000400003)
43. Huamán O, Sandoval M, Arnao I, Béjar E. *Efecto antiulceroso del extracto hidroalcohólico liofilizado de hojas de Bixa orellana (achiote), en ratas.* An Fac Med [Internet]. s.f. [citado 2024 jun 28]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832009000200003&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832009000200003&script=sci_abstract)
44. Rodríguez-Amaya DB. *Food carotenoids: analysis, composition and alterations during storage and processing of foods* [Internet]. PubMed Universidad Estadual de Campinas; 2023 [citado 2025 jun 18]. Disponible en <http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15806788/>
45. Steinmann F. *Cúrcuma - Ingredientes de origen natural* [Internet]. Forté Pharma; 2023 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://fortepharma.es/blogs/ingredientes/la-curcuma>

46. Abou-Elkhair R, Ahmed HA, Selim S. *Effects of black pepper, turmeric powder and coriander seeds on growth performance, carcass characteristics and blood profile in broiler chickens*. Asian-Australas J Anim Sci [Internet]. 2014 [citado 2024 jun 25];27(6):847–54. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4090021/>
47. Moghadam N, Mohiti-Asli M, Sadeghi G. *Effects of curcumin on performance, blood metabolites, antioxidant status, and intestinal morphology of broiler chickens*. Poult Sci J [Internet]. 2020 [citado 2025 jun 30];8(2):161–71. Disponible en: [https://psj.gau.ac.ir/article\\_4872.html](https://psj.gau.ac.ir/article_4872.html)
48. Plumazos . *La cúrcuma y la pimienta negra en la alimentación de ponedoras y pollos de engorde* [Internet]. Plumazos; s.f. [citado 2024 jun 28]. Disponible en: <https://plumazos.com/2024/01/11/la-curcuma-y-la-pimienta-negra-en-la-alimentacion-deponedoras-y-pollos-de-engorde/>
49. Oller AF. *Los animales de granja se pueden beneficiar de las ventajas de la cúrcuma* [Internet]. nutriNews; 2020 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://nutrinews.com/phode-los-animales-de-granja-se-pueden-beneficiar-de-las-ventajasde-la-curcuma/>
50. Aviculturamx. *¿Cómo asegurar la efectividad de los fitobióticos en las aves?* [Internet]. Avicultura.mx; s.f. [citado 2024 jun 28]. Disponible en: [https://www.avicultura.mx/destacado/%C2%BFComo-asegurar-la-efectividad-de-losfitobioticos-en-las-aves\\_](https://www.avicultura.mx/destacado/%C2%BFComo-asegurar-la-efectividad-de-losfitobioticos-en-las-aves_)
51. Hunt M. *Color measurement of meat and meat products* [Internet]. American Meat Science Association; 1980 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1993/colormeasurement-of-meat-and-meat-products.pdf?sfvrsn=2>
52. Gómez M. *Pigmentación en la industria avícola* [Internet]. BM editores; 2014 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <http://bmeditores.com/pigmentacion-en-la-industria-avicola/#>
53. Vargas B. *Evaluar la pigmentación en la crianza de pollos broiler de engorde, con un balanceado comercial, adicionando tres porcentajes extras de harina de alfalfa (5%, 10% y 15%) a su composición alimenticia* [Internet]. Edu.ec; 2010 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1093/13/UPS-CT002082.pdf>
54. Delgado E. *Patrones fotográficos para la evaluación del color en piel y en carne de pollo* [Internet]. SlideShare; 2014 [citado 2024 jul 18]. Disponible en:

- <https://es.slideshare.net/slideshow/patrones-fotograficos-para-la-evaluacin-del-color-enpiel-y-en-carne-de-pollo/32157362>
55. Cabrera O. *Beneficios y optimización de la pigmentación avícola* [Internet]. aviNews, la revista global de avicultura. agriNews; 2023 [citado 2024 jun 30]. Disponible en: <https://avinews.com/beneficios-y-optimizacion-de-la-pigmentacion-avicola/>
  56. Gadde U, Kim WH, Oh ST, Lillehoj HS. *Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review*. Anim Health Res Rev. 2017;18(1):26–45. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S1466252316000207> [citado 2025 jun 16].
  57. FAO. *Desarrollo de cadenas de valor agrícolas sostenibles: directrices para la integración de la agricultura en los sistemas alimentarios sostenibles* [Internet]. Roma: FAO; 2014 [citado 2025 jun 16]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3953s/i3953s.pdf>
  58. Restrepo-Osorio J, et al. *Determination of nutritional value of turmeric flour* [Internet]. Redalyc; 2019 [citado 2025 jun 16]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3090/309062774004.pdf>
  59. Olayinka IO. *PROXIMATE, MINERAL COMPOSITION AND PHYTOCHEMICAL ANALYSES OF TURMERIC (CURCUMA LONGA) POWDER*. NJAP [Internet]. 2024Jul.20 [citado 2025 jun 16]. Disponible en: <https://www.njap.org.ng/index.php/njap/article/view/6063>
  60. Choudhury D, Kotoky J, Borah P. *Study on the nutrient composition of local variety of turmeric (Curcuma longa)*. Pharma Innov J. 2019;8(2):[páginas no disponibles] [Internet]. [citado 2025 jun 16]. Disponible en: <https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue2/PartD/8-2-11-416.pdf>
  61. Barbosa MIMJ, Borsato D, Moreira I, Silva JDB, Moreira RFA. *Annatto seed residue (Bixa orellana L.): Nutritional quality*. Ciênc Rural [Internet]. 2015 [citado 2025 jun 16];45(9):1685–90. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282683238\\_Annatto\\_seed\\_residue\\_Bixa\\_orellana\\_L\\_Nutritional\\_quality](https://www.researchgate.net/publication/282683238_Annatto_seed_residue_Bixa_orellana_L_Nutritional_quality)
  62. Dos Santos GR, de Oliveira CG, de Carvalho MGT, et al. *Non-conventional starches: Properties and potential applications*. Chem Proc [Internet]. 2023;4(4):52 [citado 2025 jun 16]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2673-6209/4/4/52>
  63. Rajput N, Muhammad N, Yan R, Zhong X, Wang T. *Effect of dietary supplementation of curcumin on growth performance, intestinal morphology and nutrients utilization of broiler chicks*. J Poult Sci [Internet]. 2013 jan [citado 2025 jun 20];50(1):44–52. Disponible en: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/50/1/50\\_0120065/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/50/1/50_0120065/_article)

64. Al-Sultan SI. *The effect of curcumin on broiler chicken performance and carcass characteristics*. Br Poult Sci [Internet]. 2003 jun [citado 2025 jun 20];44(3):367–73. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0007166031000085508>
65. Silva JHV, Silva EL, Filho JJ, Ribeiro MLG. *Effects of increasing dietary annatto (Bixa orellana L.) seed by-product levels on carcass yield and performance for broiler chicks*. Rev Bras Zootec [Internet]. 2005 oct [citado 2025 jun 20];34(5):1606–13. Disponible en: <https://rbz.org.br/article/effects-of-increasing-dietary-annatto-bixa-orellana-l-seed-byproduct-levels-on-carcass-yield-and-performance-for-broiler-chicks/>
66. Mondal KC, Sharma DD, Patel RP. *Performance of broiler birds fed diets supplemented with turmeric*. J Vet Res Adv [Internet]. 2023 jun [citado 2025 jun 20];5(1):29–39. Disponible en: [https://jvra.org.in/uploads/archivepdf/3215JVRA\\_Vol\\_05\\_Jun\\_2023\\_04.pdf](https://jvra.org.in/uploads/archivepdf/3215JVRA_Vol_05_Jun_2023_04.pdf)
67. Mehala C, Moorthy M. *Production performance of broilers fed with Aloe vera and Curcuma longa (turmeric)*. Int J Poult Sci [Internet]. 2008 [citado 2025 jun 20];7(9):852–6. Disponible en: <https://scialert.net/abstract/?doi=ijps.2008.852.856>
68. Shohe A, Vidyarthi VK. *Performance of broiler chicken on diet supplemented with turmeric powder – A review*. Livest Res Int [Internet]. 2020 [citado 2025 jun 20];8(3):76–83. Disponible en: <https://jakraya.com/journal/lri>
69. Daneshyar M, Kermanshahi H, Golian A. *The effects of turmeric supplementation on antioxidant status, blood gas indices and mortality in broiler chickens with T<sub>3</sub>-induced ascites*. Br Poult Sci [Internet]. 2012 [citado 2025 jun 20];53(3):379–85. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22978595/>
70. Darwish MH, El Shoukary RD. *Effect of dietary supplementation of turmeric powder on growth performance, behavior and blood biochemical parameters of Fayoumi broilers*. Assiut Vet Med J [Internet]. 2020 [citado 2025 jun 20]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9168503/>
71. Al-Masoudi ZAA, Al-Kafaji FR. *Effect of adding annatto seed powder and astaxanthin to the diet on productive performance of broilers (Ross-308)*. IOP Conf Ser Earth Environ Sci [Internet]. 2023 abr [citado 2025 jun 20];1158(5):052021. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/5/052021>
72. Zhang F, Zhou Z, Li X, et al. *Meta-analysis of dietary curcumin supplementation in broiler chickens: effects on feed intake, growth, feed conversion, and meat quality*. Antioxidants (Basel) [Internet]. 2023 abr 10 [citado 2025 jun 20];14(4):460. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3921/14/4/460>

73. Schmidt GS, Mendes AA. *Genetic gains in broiler lines after ten generations of selection*. Rev Bras Ciênc Avícola [Internet]. 2006 [citado 2025 jun 25];8(4):219–23. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2006000400005>
74. Olivo R, Soares AL, Ida EI, Shimokomaki M. *Carcass yield (CY) corresponded to the ratio between carcass weight after chilling (CW) and body weight at slaughter (BWs) in broiler chickens*. Rev Bras Ciênc Avícola [Internet]. 2001 [citado 2025 jun 25];3(1):10–3. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/SS3N4L77yvRdrgBZggppqJx/>
75. Gopi M, Karthik K, Manjunathachar HV, Tamilmahan P, Kesavan M, Dashprakash M, et al. *Essential oils as a feed additive in poultry nutrition*. Adv Anim Vet Sci [Internet]. 2020 [citado 2025 jun 25];8(2):89–98. Disponível em: [https://www.nexusacademicpublishers.com/uploads/files/AAVS\\_8\\_2\\_89-98.pdf](https://www.nexusacademicpublishers.com/uploads/files/AAVS_8_2_89-98.pdf)
76. Panta R, Adhikari R, Gautam B, Bhatta DR. *Influence of turmeric (Curcuma longa) supplementation on blood parameters and growth in broilers*. Int J Poult Sci [Internet]. 2021 [citado 2025 jun 25];20(1):1–6. Disponível em: <https://scialert.net/fulltext/?doi=ijps.2021.1.6>
77. Khan SH, Ansari J, Haq AU, Abbas G. *Black cumin seed oil as an alternative to antibiotics in poultry nutrition: a review*. Vet Med Sci [Internet]. 2020 [citado 2025 jun 25];6(2):295–305. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/vms3.222>
78. Elbaz AM, Salim AB, Ibrahim D, Khalil BA. *Influence of turmeric powder supplementation on growth, blood profile and feed efficiency in broiler chickens*. Vet World [Internet]. 2022 [citado 2025 jun 25];15(6):1391–6. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9277687/>
79. Yenatfanta G, Fesseha H, Tolosa Y. *Effect of age, weight, temperature and ventilation on the development of ascites in broiler chickens*. Biomed J Sci Tech Res [Internet]. 2020 [citado 2025 jun 21];30(1). Disponível em: <https://biomedres.us/pdfs/BJSTR.MS.ID.004897.pdf>
80. Aviagen. *Ross Tech Note – Ventilation and ascites* [Internet]. 2009 [citado 2025 jun 21]. Disponível em: [https://aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Tech\\_Articles/Ross-Tech-Note-Ascites.pdf](https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Tech_Articles/Ross-Tech-Note-Ascites.pdf)
81. U Aftab, Khan AA. *Strategies to alleviate the incidence of ascites in broilers: a review*. Rev Bras Ciência Avícola [Internet]. 2010 [citado 2025 jun 21]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/9btYWCJqCymBPkTc8GqjJ7c/?format=pdf&lang=en>
82. Moreira J, Mendes A, Garcia R, Paz ICL, Takita TS. *Efeito da adição de urucum (Bixa orellana L.) sobre a pigmentação da pele e do fígado de frangos de corte*. Rev Bras Zootec

- [Internet]. 2004 [citado 2025 jun 25];33(4):1043–50. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/txLjSYZBht9FwK6mDwSxD3J/>
83. Sun S, Cui Z, Liu Q, Zhou Z, Liu W. *Dietary addition of a standardized extract of turmeric improves skin pigmentation in broiler chickens*. Food Chem [Internet]. 2017 [citado 2025 jun 25];232:212–9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5971416/>
84. Castañeda MP, Hirschler EM, Sams AR. *Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments*. Poult Sci [Internet]. 2005 ene [citado 2025 jun 25];84(1):143–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15685954/>
85. Pérez-Vendrell AM, López-Ferrer S, Puig A, Aragonés G, Macarulla MT. *The effect of natural pigment sources on the skin color of broiler chickens: comparison of natural versus synthetic carotenoid supplementation*. J Anim Sci [Internet]. 2013 [citado 2025 jun 25];91(7):3240–6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119387048>
86. Hayes A. *Cost-benefit analysis: how it's used, pros and cons* [Internet]. Investopedia; 2020 nov 8 [citado 2025 jun 25]. Disponible en: <https://www.investopedia.com/terms/c/costbenefitanalysis.asp>
87. Vargas C. *El índice beneficio/costo en las finanzas corporativas* [Internet]. Lima: Universidad ESAN; 2017 [citado 2025 jun 26]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-indice-beneficio-costo-en-lasfinanzascorporativas#:~:text=B/C%20%3C%201%2C%20muestra%20que%20los%20cos%20tos,consecuencia%2C%20el%20proyecto%20no%20debe%20ser%20considerado.>