



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“Inclusión de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la dieta comercial de pollos broiler”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO ZOOTECNISTA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

SUBLINEA: Ambiente y biodiversidad

AUTOR: NAYELI MILENA QUILISMAL FUERTES

ASESOR: MSc. MÓNICA PATRICIA VELÁSTEGUI MORENO

Ibarra, 08 de julio de 2024

Ibarra, 08 de julio de 2024

MSc. Mónica Patricia Velástegui Moreno

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



MSc. Mónica Patricia Velástegui Moreno

C.C.: 0503323024

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



MSc. Mónica Patricia Velástegui Moreno Jurado 1

C.C.: 0503323024



MSc. Luis Humberto Haro Bedon Jurado 2

C.C.: 1002739389



PhD. Yadira Fernanda Ordoñez Vivanco Jurado 3

C.C.: 1103764864

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo NAYELI MILENA QUILISMAL FUERTES, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 08 de julio de 2024



NAYELI MILENA QUILISMAL FUERTES

C.C.: 0402003875

AUTORÍA

Yo, NAYELI MILENA QUILISMAL FUERTES, portador de la cédula de ciudadanía N°0402003875, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



NAYELI MILENA QUILISMAL FUERTES

C.C.: 0402003875

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, NAYELI MILENA QUILISMAL FUERTES, con C.C.: 0402003875, autor del trabajo de grado intitulado: INCLUSIÓN DE FRIJOL DE PALO (*Cajanus cajan*) EN LA DIETA COMERCIAL DE POLLOS BROILER previo a la obtención del título profesional de Ingeniería en Zootecnia, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 08 de julio de 2024



NAYELI MILENA QUILISMAL FURTES

C.C.: 0402003875

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: INCLUSIÓN DE FRIJOL DE PALO (*Cajanus cajan*) EN LA DIETA COMERCIAL DE POLLOS BROILER, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 08 de diciembre del 2023.

Para constancia firma:



Nayeli Milena Quilismal Fuertes
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación
C.C.: 0402003875
Carrera: Ingeniería en Zootecnia

Ibarra, 19 de diciembre de 2023.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis queridos padres, Wilson Ramiro Quilismal y Magali Azucena Fuertes, quienes siempre confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional, a lo largo de mi formación universitaria, ellos han sido mi pilar fundamental, permitiéndome alcanzar mis metas. Sus consejos, valores y abrazos han sido mi refugio en los momentos de incertidumbre y sus enseñanzas, la guía que me ha llevado hasta aquí

A mi hermano Andrés y a mis hermanas Selena, Mabel, Emily, quienes han sido mis compañeros de vida y de aventuras, permitiéndome tener una visión más clara sobre las decisiones de mi futuro. Sus consejos han sido fundamentales para formar mi carácter y logrado cumplir mis propósitos de vida.

A mi cuñado Victor y a mi cuñada Ana, quienes me han dado palabras de aliento en momentos de angustia y me ayudaron a no rendirme, permitiéndome culminar mis estudios con éxito.

A mi abuelita Betha y a mis sobrinos Josué, Arleth y Aylin, pilares de amor incondicional y apoyo inquebrantable. Han crecido junto a mí y siempre han estado a mi lado. Su alegría contagiosa y su constante inspiración han sido un regalo preciado en cada etapa de mi vida, su presencia ha sido un impulso invaluable para superar mis desafíos.

A mi abuelito, quien desde el cielo me ha cuidado; sé que ahora está muy orgulloso de mí.

Finalmente, a todos aquellos que, de una u otra manera, han sido parte de este viaje, brindándome su apoyo, comprensión y cariño. A mi familia, les dedico este logro, pues cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón y ha sido una parte fundamental de mi éxito. Con infinito amor y gratitud, esto es para ustedes.

Milena Quilismal Fuertes

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a la Purita de Huaca, por ser mi fortaleza y permitirme salir adelante sin perder la fe, misma que me ha permitido forjarme de valor para seguir adelante superando todos los obstáculos y adversidades que se han presentado en el transcurso de mi vida.

A mis amorosos padres, por su apoyo incondicional, que con su esfuerzo inagotable han sabido guiarme con paciencia y sabiduría. Papá Ramiro, gracias, por esa valentía y perseverancia, por enseñarme a no darme por vencida frente a las adversidades y demostrarme que el sol siempre vuelve a salir. Mamá Magali, gracias por ser esa mujer luchadora incansable, por su amor, sus consejos, por ser mi mayor ejemplo e inspiración. Ustedes son mi mayor orgullo, gracias por depositar su confianza en mí.

A Dalía Herrera, hermana de corazón que me regalo la Universidad. Tu amistad y apoyo han sido invaluable durante todo este proceso. Tu compañía constante y tus palabras de aliento en los momentos más difíciles han sido una fuente de fortaleza y motivación para mí. Felipe Baquero, gracias por ser un apoyo incondicional desde un inicio y durante toda la carrera. Tu presencia y disposición para ayudarme en cualquier momento han sido fundamentales para mí.

A mis queridas amigas, Jeidy, Ibeth, Emily y Kimberly, principalmente a Anita Lizbeth, por estar siempre mi lado, apoyarme, confiar en mí, ser la cura de mi corazón y brindarme su apoyo para poder finalizar con esta meta tan importante.

A mi querido Mateo David, gracias por tu apoyo invaluable y por estar siempre a mi lado. Tu amor y paciencia me han brindado la fuerza y el ánimo necesarios para enfrentar cada desafío de este proyecto. Tus palabras de aliento y tu disposición para escucharme han sido fundamentales para superar los obstáculos a lo largo de este camino.

A mi asesora MVZ. Mónica Velástegui, a quien le agradezco por el aprendizaje impartido, por la confianza y todo el tiempo que dedico a mí para la elaboración de mi trabajo final de titulación, gracias por ser más que solo una docente y convertirse una gran inspiración como mujer y profesional.

A todos, profesores y universidad, les debo gran parte de mis logros y avances. Su apoyo y enseñanzas serán siempre una parte invaluable de mi trayectoria.

Milena Quilismal Fuertes

ÍNDICE

PORTADA.....	i
CERTIFICA:.....	ii
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iv
AUTORÍA	v
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN.....	vi
DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	vii
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO I	20
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO II.....	22
OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo general.....	22
2.2. Objetivos específicos	22
2.3. Hipótesis	22
CAPÍTULO III.....	23
ESTADO DEL ARTE	23
3.1. Avicultura en Ecuador	23
3.1.1. Desarrollo histórico y situación actual.....	23

3.1.2. Producción y mercado	24
3.1.3. Consumo de carne de pollo.....	25
3.2. Nutrición en pollos broiler	27
3.2.3. Requerimientos nutricionales	27
3.2.2. Desempeño productivo y la calidad de la carne	29
3.2.3. Estrategias de mejora nutricional.....	30
3.3. El frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) como alternativa nutricional	31
3.3.1. Características agronómicas del frijol de palo.....	33
3.3.2. Composición nutricional del frijol de palo	34
3.3.3. Experiencias previas de inclusión en dietas avícolas.....	35
3.4. Impacto de la inclusión del frijol de palo en la producción avícola	37
3.4.1. Impactos en parámetros productivos	38
3.4.2. Beneficios económicos y ambientales	39
3.5. Producción avícola y su impacto en la seguridad alimentaria	40
3.5.1. Desarrollo histórico de la avicultura en el contexto global y nacional	40
3.5.2. Desafíos actuales.....	42
3.6. Frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) como fuente alternativa de proteína	43
3.6.1. Evaluación del uso de frijol de palo en la dieta de animales de granja	44
3.7. Impacto de la inclusión de frijol de palo en la producción y salud de pollos broiler	45
3.8. Implicaciones para la sostenibilidad y la economía de la producción avícola	46
CAPÍTULO IV	48
MATERIALES Y MÉTODOS	48
4.1. Materiales.....	48
4.1.1. Físicos	48
4.1.2. Animales	48
4.1.3. Alimento	48
4.1.4. Materiales de laboratorio	48
4.1.5. Reactivos.....	49
4.2. Métodos de evaluación	50

4.2.1. Localización del área de estudio	50
4.2.2. Tratamientos	51
4.2.3. Diseño experimental	51
4.2.4. Análisis Funcional	52
4.2.5. Unidad experimental.....	52
4.3. Manejo del ensayo	53
4.3.1. Construcción del galpón	53
4.3.2. Preparación del galpón.....	54
4.3.3. Recepción de pollos broiler	54
4.3.4. Cronograma de vacunación	54
4.3.5. Manejo de alimento	55
4.3.6. Manejo de agua.....	56
4.4. Variables de estudio.....	56
4.4.1. Variables Independientes	56
4.4.2. Variables dependientes	56
4.4.2.1. Ganancia de peso	56
4.4.2.2. Peso final de cada etapa	57
4.4.2.3. Índice de conversión alimenticia	57
4.4.2.4. Aprovechamiento de proteína en cada etapa (análisis bromatológico)	57
CAPÍTULO V	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
5.1. Evaluación de frijol de palo como fuente de proteína en la dieta de pollos broiler.....	58
5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza.....	58
5.2. Análisis estadísticos de las variables	60
5.2.1. Ganancia de peso	60
5.2.2. Peso final de cada etapa.....	62
5.2.2.1. Etapa inicial (10 días)	62
5.2.2.2. Etapa crecimiento (25 días)	64
5.2.2.3. Etapa engorde (45 días)	65

5.3. Índice de conversión alimenticia	68
5.4. Aprovechamiento de proteína en cada etapa (Análisis bromatológico en heces).....	70
5.4.1. Etapa inicial	70
5.4.2. Etapa crecimiento	72
5.4.3. Etapa engorde	74
CAPÍTULO VI	78
CONCLUSIONES	78
CAPÍTULO VII.....	80
RECOMENDACIONES.....	80
CAPÍTULO VIII.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Necesidades nutricionales por etapas de crecimiento.....	28
Tabla 2 Necesidades nutricionales por etapas de crecimiento.....	32
Tabla 3 Composición nutricional del frijol de palo (Cajanus cajan)	35
Tabla 4 Condiciones climáticas del Cantón San Pedro de Huaca	51
Tabla 5 Tratamientos empleados en la investigación	51
Tabla 6 Modelo de análisis de varianza (ANOVA).....	52
Tabla 7 Cronograma de vacunación según edad	55
Tabla 8 Prueba de supuestos de normalidad de varianza.....	59
Tabla 9 Ganancia de peso a los 45 días en la evaluación de frijol de palo (Cajanus Cajan) como fuente de proteína en la dieta de pollos broiler	60
Tabla 10 Análisis de varianza para ganancia de peso.....	60
Tabla 11 Peso final y ganancia de peso en la primera etapa productiva (10 días)	62
Tabla 12 Análisis de varianza para peso final de la etapa inicial	63
Tabla 13 Peso final y ganancia de peso en la segunda etapa productiva (25 días).....	64
Tabla 14 Análisis de varianza para peso final de la etapa crecimiento	64
Tabla 15 Peso final y ganancia de peso en la tercera etapa productiva (45 días)	66
Tabla 16 Análisis de varianza para peso final de la etapa engorde	66
Tabla 17 Análisis de varianza para índice de conversión alimenticia	68
Tabla 18 Análisis de varianza para índice de conversión alimenticia	69
Tabla 19 Aprovechamiento de proteína en heces a los 10 días	71
Tabla 20 Análisis de varianza para índice de aprovechamiento de proteína en la etapa inicial	71

Tabla 21 Aprovechamiento de proteína en heces a los 25 días	72
Tabla 22 Análisis de varianza para índice de aprovechamiento de proteína en la etapa crecimiento.....	73
Tabla 23 Aprovechamiento de proteína en heces a los 45 días	74
Tabla 24 Análisis de varianza para índice de aprovechamiento de proteína en la etapa engorde	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estadística del consumo de pollo en Ecuador	26
Figura 2 Ubicación de Provincia del Carchi, Cantón San Pedro de Huaca	50
Figura 3 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable peso final a los 45 días	61
Figura 4 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable ganancia de peso en la etapa inicial (10 días)	63
Figura 5 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable ganancia de peso en la etapa crecimiento (25 días)	65
Figura 6 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable ganancia de peso en la etapa engorde (45 días)	67
Figura 7 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable ganancia de peso en la etapa crecimiento (25 días)	69
Figura 8 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable aprovechamiento de proteína en heces de la etapa inicial (10 días).....	72
Figura 9 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable aprovechamiento de proteína en heces de la etapa crecimiento (25 días).....	74
Figura 10 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable aprovechamiento de proteína en heces de la etapa engorde (45 días).....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fase de campo	88
Anexo 2. Fase de laboratorio	90
Anexo 3. Análisis bromatológico de frijol de palo para la elaboración del alimento.....	91
Anexo 4. Fase de datos	92

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la eficiencia de frijol de palo (*Cajanus cajan*) como fuente de proteína mediante el suplemento en la dieta de pollos Broiler para mejorar parámetros productivos, el experimento se llevó a cabo en el Barrio San Francisco situado en el Cantón San Pedro de Huaca, Provincia del Carchi; ubicado entre 2760 a 4040 m.s.n.m, en dicho estudio se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA) y se evaluó la inclusión de 3 niveles de harina de frijol de palo (T1: 0%; T2: 5%; T3: 10%); en el balanceado como fuente de proteína para lo cual se utilizaron 120 pollos broiler línea COBB 500 de 1 día de edad, los cuales fueron distribuidos de manera aleatoria en 12 diferentes unidades experimentales, con grupos de 10 aves en cada una y 4 repeticiones por tratamiento.

Además, se realizó un análisis bromatológico al frejol de palo (*Cajanus cajan*) para poder conocer más a fondo las propiedades nutritivas de esta panta leguminosa y así poder realizar adecuadamente la formulación del balanceado con ayuda de otras diferentes materias primas como: maíz, afrecho de trigo, soya, polvillo de arroz, carbonato, fosfato dicálcico, sal, lisina y metionina. Por otro lado, se recopilaron datos como: ganancia de peso semanal, ganancia de peso final de cada etapa, conversión alimenticia, se recolectó las heces al final de cada etapa productiva en las aves (inicio, crecimiento y engorde) para realizar un análisis bromatológico y conocer la cantidad de proteína (procedente del alimento) que aprovechó el animal para convertirla en proteína muscular, mediante el método de Kjeldahl. Para establecer la efectividad de los tratamientos se estableció el análisis de varianza con una prueba de Shapiro - Wilks y prueba de Tukey al 5%.

Palabras clave: avicultura, frijol de palo, pollos broiler, aprovechamiento de proteína, método de kjeldahl

ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of evaluating the efficiency of pole beans (*Cajanus cajan*) as a source of protein by supplementing the diet of broiler chickens to improve productive parameters, the experiment was conducted in Barrio San Francisco located in the Province of Carchi, Canton San Pedro de Huaca; located between 2760 to 4040 m.a.s.l. In this study, a Completely Randomized Experimental Design (CRD) was applied and the inclusion of 3 levels of pole bean meal (T1: 0%; T2: 5%; T3: 10%) was evaluated in the feed as a source of protein for which 120 broiler chickens COBB 500 line of 1 day of age were used, which were randomly distributed in 12 different experimental units, with groups of 10 birds in each one and 4 replicates per treatment.

Bromatological analysis was also carried out on the *Cajanus cajan* bean, for which 500 g of the sample was sent to INIAP, in order to learn more about the nutritional properties of this leguminous plant and thus be able to adequately formulate the feed with the help of other raw materials such as corn, wheat bran, soybeans, rice powder, carbonate, dicalcium phosphate, salt, lysine and methionine. On the other hand, data were collected such as: weekly weight gain, final weight gain of each stage, feed conversion, feces were collected at the end of each productive stage in the birds (beginning, growth and fattening) to perform a bromatological analysis and to know the amount of protein (from the feed) that the animal used to convert it into muscle protein, by means of the Kjeldahl method. To establish the effectiveness of the treatments, an analysis of variance was established with a Shapiro-Wilks test and a Tukey test at 5%.

Keywords: poultry farming, pole beans, broiler chickens, protein utilization, kjeldahl method

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La producción de pollos de engorde es una importante actividad económica en el Ecuador debido a que es uno de los principales productores avícolas de la región. Actualmente, las dietas comerciales para pollos broiler son muy variadas, las cuales tienen regímenes dietéticos sumamente ricos en ingredientes proteicos y energéticos que permiten una rápida transformación de alimentos; la mayor parte de estas materias primas son destinadas al consumo humano lo que genera competencia con la avicultura y altos costos de producción (Zambrano, 2023).

Por otro lado, la alimentación y el aprovechamiento nutricional es uno de los fundamentales problemas que influye en un bajo rendimiento de producción y baja conversión alimenticia en las aves de forma significativa, ocasionando retraso de crecimiento o un peso final más bajo al momento del sacrificio, por ello es importante proporcionar a las aves un alimento que pueda abastecer con sus necesidades nutricionales, principalmente proteicas, y que además sea rentable para una mejor eficiencia productiva, en este caso se llevará a cabo la inclusión de frijol en la dieta de pollos broiler (Delgado & Franco, 2021).

La elaboración de productos balanceados de alta calidad es una necesidad urgente para desarrollar una producción avícola sostenible, es decir, el alimento debe significar un 70 al 80% de costo total involucrado en el producto final de pollos de engorde (Parrales, 2021).

La etapa inicial de pollos Broiler es la clave del ciclo productivo, por lo cual se requiere alrededor del 20-22% de proteína, teniendo en cuenta que algunas materias primas son muy costosas se requiere una alternativa de proteína que pueda tener un mayor componente nutricional balanceado dentro de la dieta comercial de las aves y así reducir costos de producción sin afectar los desempeños productivos (Solis, 2022).

El frijol de palo (*Cajanus cajan*) es una legumbre que contiene un alto valor nutricional proteico, es buena fuente de lisina, vitaminas y minerales. Convirtiéndose en una fuente alternativa de proteína viable en la alimentación de pollos de engorde, además con la inclusión del frijol en la dieta para aves se puede aprovechar ganancia de peso, conversión alimenticia, mejorando la calidad de la carne de pollo provocando así un buen desarrollo sostenible avícola (Navarro et al., 2014).

Con esta investigación ayudaremos a los pequeños y medianos productores a tener nuevas alternativas en el mercado, y a obtener un beneficio más de ingreso para la venta de su cosecha, tomando en cuenta que este producto tendría una alta demanda en la elaboración de la harina de frijol ayudando así a tener una buena comercialización en los distintos mercados.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de frijol de palo (*Cajanus cajan*) como fuente de proteína mediante el suplemento en la dieta de pollos Broiler para mejorar parámetros productivos.

2.2. Objetivos específicos

- Establecer el porcentaje óptimo de inclusión de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la dieta de pollos Broiler
- Analizar parámetros productivos, ganancia de peso semanal, peso final de cada etapa (inicio, crecimiento y finalización), conversión alimenticia y consumo de alimento

2.3. Hipótesis

- H0: La inclusión de porcentaje de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la dieta de pollos Broiler no tendrá una diferencia significativa entre los tratamientos
- Ha: La inclusión de porcentaje de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la dieta de pollos Broiler tendrá una diferencia significativa entre tratamientos.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Avicultura en Ecuador

3.1.1. Desarrollo histórico y situación actual

En las últimas décadas, la industria avícola en Ecuador ha experimentado un significativo aumento en su desarrollo, llegando a ser uno de los sectores agrícolas de mayor relevancia en el país, lo que ha significo que se han ocupado de varias facetas de esta industria, explorando desde cómo ha evolucionado a lo largo de la historia hasta su situación actual y posibles desarrollos en el futuro (Jaramillo, 2023).

De acuerdo López (2024), en su estudio este ofrece una perspectiva global y completa sobre cómo ha evolucionado la industria avícola en Ecuador, cubriendo desde sus primeros pasos hasta el momento presente, en donde se analizan los eventos más importantes que marcaron el progreso de la industria avícola en Ecuador, abordando aspectos como la implementación de tecnologías innovadoras, modificaciones en los métodos de producción y el impacto de factores económicos y políticos en el avance de esta área.

En lo que se refiere a la producción y el mercado, el estudio realizado por Lema (2022) proporciona una exhaustiva evaluación de cómo está organizado y cómo evoluciona el mercado de productos avícolas en Ecuador, en donde los resultados obtenidos muestran que el mercado presenta una variedad de estructuras, lo cual indica que existe un aumento en la demanda de productos avícolas. No obstante, además de ello, mencionan ciertas dificultades como normativas restrictivas y la presencia de competidores extranjeros, al mismo tiempo que resaltan posibilidades como la apertura hacia nuevos mercados a nivel global y el creciente interés en la relevancia de una dieta saludable (Estrada, 2022).

El estudio de Cortés (2022) sobre la salud de las aves de corral ha surgido como un punto de referencia fundamental en el campo de la avicultura, concentrándose específicamente en temas que abarcan la prevención y el manejo de enfermedades en las

granjas de aves de corral en Ecuador. En este escenario específico, es importante destacar que los programas de vacunación y la vigilancia epidemiológica se presentan como herramientas de vital importancia para reducir la frecuencia de enfermedades. A pesar de que hay una tendencia de baja en estas enfermedades, el estudio señala que se enfrentarán desafíos en el futuro, como el aumento de la resistencia a los medicamentos antimicrobianos y la potencial aparición de nuevas enfermedades en aves (Giacosa, 2023).

Asimismo, el análisis realizado por García y Pérez en el año en cuestión se centra en la relevancia socioeconómica de la industria avícola en Ecuador, resaltando su impacto positivo en la generación de puestos de trabajo en áreas rurales, la garantía de la disponibilidad de alimentos y el fomento del progreso económico nacional, el análisis resalta que la avicultura sostenible aporta beneficios al medio ambiente al utilizar de manera eficiente los recursos naturales y al disminuir la huella medioambiental en contraste con otros métodos de producción animal (Murillo & Ramírez, 2024).

3.1.2. Producción y mercado

La producción avícola abarca una amplia variedad de elementos que tienen que ver con la cría, cuidado y venta de aves de corral destinadas tanto a la producción de carne como de huevos, en un contexto general, es por ello que se siguen realizando estudios acerca de las diversas facetas de este asunto, brindando una perspectiva completa y global de la industria avícola en todo el mundo (Solis, 2022).

En un estudio llevado a cabo por Freire (2024) se proporciona una amplia explicación acerca de los múltiples factores que tienen impacto en la industria avícola a escala mundial. El análisis se centra en cómo ha evolucionado la avicultura a lo largo de la historia, desde sus comienzos en épocas antiguas hasta su progresiva expansión para convertirse en una de las industrias alimentarias más relevantes en el mundo contemporáneo. (Porrás et al., 2022). También se realiza un análisis detallado de los sistemas más relevantes de producción avícola, abarcando desde la cría intensiva hasta la semi-intensiva y extensiva, por otro lado,

se explora además las tendencias presentes y futuras en relación a la demanda de productos avícolas y avances tecnológicos en la producción (Moreno et al., 2024).

El estudio llevado a cabo por Lindao (2023) proporciona un análisis exhaustivo sobre las estrategias nutricionales y de gestión empleadas en la cría de aves. Esta investigación se enfoca en diversos aspectos, incluyendo la formulación de dietas balanceadas para las aves, la gestión integral de su salud y bienestar, así como en tácticas destinadas a aumentar la productividad avícola y mitigar su impacto ambiental (Intriago, 2023).

En el ámbito de la sanidad avícola, el enfoque se centra en la implementación de medidas destinadas a prevenir y monitorear enfermedades en las explotaciones avícolas, por lo que resulta imperativo analizar los desafíos más significativos que la industria avícola enfrenta en términos de salud en la actualidad, los cuales abarcan una amplia gama de enfermedades, incluyendo virus, bacterias y parásitos, así como las estrategias aplicadas en materia de bioseguridad y vacunación, las cuales desempeñan un papel fundamental en la prevención de brotes y en la promoción de una óptima salud en las aves de corral (Lacho, 2021).

Además, se examina la relevancia socioeconómica a escala global de la actividad de cría de aves resaltando la importancia fundamental que desempeña la avicultura en la garantía de la disponibilidad de alimentos, la generación de empleo en zonas rurales y el progreso económico en numerosas áreas alrededor del mundo, adicionalmente, se reconocen los retos y ventajas que la industria debe afrontar en relación con la sostenibilidad y la capacidad para competir en el mercado (Estupiñan, 2023).

3.1.3. Consumo de carne de pollo

La importancia de incluir carne de pollo en la dieta es un tema ampliamente investigado en el campo de la nutrición y la alimentación, ya que ha sido abordado en múltiples estudios que examinan distintos aspectos como sus efectos en la salud, patrones de consumo y preferencias del mercado (Giacosa, 2023).

Un análisis realizado en este contexto presenta cómo se consume la carne de pollo en todo el mundo, investigando los hábitos de consumo, las elecciones de los consumidores y los aspectos que impactan en la demanda de carne de pollo, en donde se halló notable la alta demanda que existe para consumir carne de pollo, y es digno de mencionar la relevancia que tienen naciones como Estados Unidos, Brasil y China en la industria mundial de criar y comercializar esta proteína (Trujillo, 2023).

Según la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador [CONAVE], (2022) el consumo de carne per cápita de pollos al año arroja valores más altos en el año 2019 con 30.62 kg/persona/ año.

Figura 1

Estadística del consumo de pollo en Ecuador



Nota. Tomada de CONAVE, (2022).

Adicionalmente, según Vega (2024), en la revisión exhaustiva en relación con los efectos, tanto positivos como negativos, asociados con la ingesta de carne de ave en el ámbito de la salud y la nutrición, analizó detalladamente la composición de la carne de ave, resaltando la presencia de proteínas de alta calidad, así como nutrientes esenciales como vitaminas y minerales fundamentales para el organismo, subrayando la importancia de incluirlo en una alimentación equilibrada y beneficiosa para la salud, por otro lado, el mismo

autor realizó un estudio minucioso de los posibles riesgos que podrían afectar la salud derivados de un consumo excesivo de carne de ave, tales como la posible contaminación microbiológica y la presencia de residuos de medicamentos administrados a los animales.

En cuanto a el campo de la producción y venta, el enfoque principal gira en torno a analizar las tendencias del mercado y las preferencias de los clientes con respecto al consumo de carne de pollo, en donde el análisis se centra en diversos aspectos, tales como el impacto que pueden tener la publicidad y la promoción, el papel de las etiquetas de certificación de calidad, así como la creciente demanda de productos avícolas orgánicos y de procedencia local (Cano et al., 2023).

En el mismo sentido, Jingo (2023) resalta la relevancia de la carne de pollo desde un punto de vista socioeconómico, subrayando cómo este alimento ayuda a garantizar la disponibilidad de alimentos, fomenta la generación de empleo en toda la cadena de producción avícola y promueve el crecimiento económico tanto en entornos rurales como urbanos.

3.2. Nutrición en pollos broiler

3.2.1 Requerimientos nutricionales generales

Los pollos broiler, son una variedad de aves de corral criadas extensamente con el propósito de producir carne, han sido el foco de múltiples investigaciones destinadas a identificar y atender sus requerimientos alimenticios particulares con el fin de promover un desarrollo y bienestar óptimo (Zambrano, 2023).

En un estudio titulado " Estudio de factibilidad previo al desarrollo de una empresa productora de pollos y gallinas criollas ", realizado por Caseres y Chalan (2023), en donde se ofrece una descripción general detallada de los nutrientes clave que se requieren para garantizar un crecimiento óptimo y un desarrollo saludable en pollos broiler, es decir se enfoca en analizar minuciosamente las necesidades específicas de proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales y otros nutrientes esenciales para las aves, destacando la

relevancia de diseñar dietas equilibradas que cumplan con dichos requerimientos de manera óptima con el objetivo de incrementar la eficiencia en la producción avícola.

El estudio realizado por Cáceres y Calle (2024) resalta la importancia de los aminoácidos en la alimentación de los pollos broiler, mediante un análisis detallado de las proteínas presentes en la dieta de las aves, se enfoca en identificar los aminoácidos esenciales y comprender sus funciones específicas, los cuales juegan un papel crucial en el desarrollo muscular, la fortaleza ósea y la regulación del sistema inmunológico de las aves, además, el estudio examina las diversas fuentes de aminoácidos disponibles en la alimentación de las aves de corral, así como las estrategias para optimizar su aprovechamiento y la absorción en el intestino de los pollos destinados a la producción de carne, esto sugiere la importancia de una alimentación balanceada y específicamente formulada para garantizar un crecimiento saludable y una producción eficiente en la industria avícola.

Respecto al manejo de la alimentación, se menciona que es relevante el diseño de dietas personalizadas que se ajusten a las distintas fases de crecimiento que experimentan los pollos broiler, dado que es importante analizar de qué manera las necesidades nutricionales de las aves se modifican en distintas etapas de su vida, empezando desde el nacimiento hasta el momento en que están listas para ser sacrificadas (Zambrano, 2023). Mediante esto, se busca comprender cómo las dietas pueden ser ajustadas para cumplir con estos requerimientos variables y optimizar el rendimiento de los pollos destinados a la producción de carne (Romero, 2024).

Tabla 1

Necesidades nutricionales por etapas de crecimiento

<i>Edad (semanas)</i>	<i>Energía (ME kcal/kg)</i>	<i>Proteína (%)</i>	<i>Calcio (%)</i>	<i>Fósforo disponible (%)</i>	<i>Lisina (%)</i>	<i>Metionina + Cistina (%)</i>
0-3	3200	23.0	1.00	0.45	1.20	0.93
3-6	3200	20.0	0.90	0.40	1.00	0.72
6-8	3200	18.0	0.80	0.35	0.85	0.60

Nota. Adaptado y extraído de: (Firman, 1993)

Además, según la investigación realizada, se resalta la relevancia de la calidad de los componentes alimenticios empleados en la crianza de los pollos broiler, en donde se investiga cómo factores como la frescura, la pureza y la biodisponibilidad de los ingredientes pueden afectar la efectividad de las prácticas de alimentación y el desempeño productivo de las aves (Pérez et al., 2021).

3.2.2. Desempeño productivo y la calidad de la carne

Según Quiñónez (2023) los atributos y el desempeño de los pollos broiler son elementos claves que tienen un impacto significativo en su capacidad para lograr un crecimiento ideal y una eficacia productiva elevada en el sector avícola. Se llevó a cabo una revisión completa y minuciosa que analiza las características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento de los pollos de engorde (Lucas, 2021). Este estudio se focaliza en analizar diversos aspectos que influyen en el rendimiento productivo de las aves, tales como el tamaño y la forma del cuerpo, la velocidad de crecimiento, la eficiencia en la conversión alimenticia, la capacidad de resistencia a enfermedades y la tolerancia al estrés. Se subraya la relevancia de elegir y reproducir animales con atributos genéticos que promuevan un óptimo desempeño en la producción (Dueñas, 2023).

Además, el estudio realizado por Martínez aporta de manera significativa a la investigación en este ámbito, centrándose en el desempeño productivo de los pollos y en la identificación de los diversos factores que influyen en dicho rendimiento (Delgado & Prada, 2022). Se evidenció que variables clave en la avicultura, como el peso corporal, la ganancia diaria de peso, el índice de conversión alimenticia y la calidad de la carne, son cruciales. Asimismo, se analiza cómo diferentes prácticas de manejo, opciones nutricionales y factores genéticos pueden influir en el desempeño global de las aves a lo largo del proceso de producción (Cambizaca, 2023).

Por lo que de acuerdo con Yauris (2021) para evaluar la calidad de la carne se lleva a cabo un análisis detallado de la composición nutricional, la textura, el sabor y otros atributos sensoriales de la carne proveniente de pollos criados para la producción de carne. Este

análisis examina de qué manera la edad en la que se lleva a cabo el sacrificio, las elecciones en la alimentación y los métodos de procesamiento de la carne pueden tener un impacto en la excelencia del producto, y explora cómo se pueden administrar estos factores para cumplir con las expectativas del mercado y asegurar la plena satisfacción de los consumidores (Lage, 2023).

En contraste, según la investigación realizada por Vega (2024), se hace hincapié en la relevancia de cuidar la salud y el bienestar de los pollos broiler para garantizar un óptimo desempeño en términos de producción, por lo que investigar de qué manera la implementación de buenas prácticas de gestión, programas de vacunación, medidas para el control de enfermedades y protocolos de bioseguridad pueden tener un impacto positivo en la condición física y el rendimiento de las aves, disminuyendo la frecuencia de enfermedades y la mortalidad, y maximizando la eficacia operativa de las explotaciones avícolas.

3.2.3. Estrategias de mejora nutricional

Para obtener una comprensión integral de los nutrientes requeridos por los pollos de engorde, resulta esencial revisar los estudios realizados por diversos expertos en este campo (Trujillo, 2023). Según los hallazgos de dichos estudios, se establece que los pollos broiler necesitan una dieta equilibrada que contenga los nutrientes necesarios en las proporciones apropiadas para garantizar un crecimiento óptimo (Dueñas, 2023). Esto subraya la importancia fundamental de proporcionar una alimentación adecuada desde temprana edad, con el fin de mejorar tanto el desarrollo físico como la capacidad de absorción de nutrientes de los pollos broiler (Pazmiño, 2023).

En un análisis detallado acerca de las necesidades nutricionales específicas, se ha descubierto que son fundamentales la presencia de proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales en la alimentación de los pollos broiler para el correcto crecimiento y fortalecimiento de los tejidos músculos, huesos y órganos, lo que significa que los factores ambientales y genéticos juegan un papel significativo en las necesidades alimenticias de estas

aves, lo cual resalta la importancia de ajustar las dietas de acuerdo a las condiciones particulares de cada proceso de producción (García, 2021).

Además, de acuerdo con Ccana (2023) se ha explorado de qué manera factores tales como la temperatura del entorno, la cantidad de pollos en un área específica y el nivel de ejercicio afectan las necesidades nutricionales de los pollos broiler, lo que significa que es importante adaptar la formulación de la alimentación en base a estas variables a fin de promover un crecimiento saludable y prevenir posibles complicaciones de salud.

3.3. El frijol de palo (*Cajanus cajan*) como alternativa nutricional

El frijol de palo, cuyo nombre científico es *Cajanus cajan*, está captando la atención como una opción de alimentación para animales ya que es considerada nutricionalmente beneficiosa, debido a su contenido nutricional variado y equilibrado, así como a su amplia disponibilidad y capacidad para mejorar la sostenibilidad de la producción animal (Santa, 2022).

Un estudio llevado a cabo por García (2024), ofrece un análisis detallado de las propiedades nutricionales que posee el frijol de palo, así como su viabilidad para ser empleado como alimento en la dieta de los animales. La investigación se enfoca en analizar la cantidad de proteínas, carbohidratos, fibra y minerales presentes en el frijol de palo, resaltando su perfil nutricional en términos de macronutrientes y micronutrientes. Además, se destaca la capacidad de este alimento para satisfacer adecuadamente las demandas nutricionales de animales de explotación como pollos de engorde y cerdos (Ángel et al., 2023).

Esta tabla incluye detalles sobre proteínas, carbohidratos, fibra y contenido mineral, lo que puede ser útil para evaluar su uso en dietas para animales como los pollos de engorde y cerdos (Jiménez et al., 2013).

Tabla 2*Necesidades nutricionales por etapas de crecimiento*

<i>Nutrientes</i>	<i>Contenido en semillas maduras</i>	<i>Unidades</i>
<i>Proteínas</i>	21.7	g/100g
<i>Carbohidratos</i>	272.7 - 521.28	mg/g
<i>Fibra</i>	21.8 - 19.4 (soluble-insoluble)	g/100g
<i>Calcio</i>	215	mg/100g
<i>Magnesio</i>	Comparable al de otras legumbres	-

Nota. Adaptado y extraído de: (Jiménez et al., 2013).

Estos datos reflejan la alta calidad nutricional del frijol de palo, destacando su potencial como fuente de proteínas y minerales esenciales, además de su contribución a la fibra dietética en las raciones alimenticias.

Adicionalmente, en cuanto a el análisis de los impactos que el consumo de frijol de palo tiene en la eficiencia productiva y el bienestar de los animales de granja, es decir, de qué manera la introducción de frijol de palo en la alimentación de los animales impacta en su crecimiento, su capacidad de convertir el alimento en masa corporal, así como en la salud de su sistema digestivo, en donde se resalta el potencial para incrementar la eficiencia en la producción animal y disminuir la necesidad de usar ingredientes de proteína tradicionales como la harina de soja (Parrales, 2021).

En lo que se refiere a la sostenibilidad, en el estudio realizado por parte de Halos (2023) en donde se evaluó detalladamente el impacto tanto en el medio ambiente como en la economía derivado de la incorporación del frijol de palo en la dieta de los animales, mediante un análisis que se centra en investigar de qué manera la producción de frijol de palo tiene el potencial de aportar a la diversificación de cultivos, la disminución de las emisiones de carbono y el fortalecimiento de la disponibilidad de alimentos en áreas agrícolas, resaltando su relevancia en fomentar la implementación de sistemas agrícolas que sean más amigables con el medio ambiente y puedan resistir mejor a situaciones adversas.

Además, se destaca la relevancia de fomentar la colaboración y la investigación conjunta entre entidades públicas y privadas como una estrategia fundamental para impulsar

de manera eficaz la utilización beneficiosa del frijol de palo en la dieta de los animales, mediante un análisis de los obstáculos y beneficios que están relacionados con cada una de las etapas de la producción, procesamiento y venta de la leguminosa conocida como frijol de palo, para lo cual se requiere del análisis de las posibles tácticas que podrían ser implementadas para incrementar el interés y la utilización de este alimento en la ganadería (Ángel et al., 2023).

3.3.1. Características agronómicas del frijol de palo

Es importante tener en cuenta las características agronómicas del frijol de palo, ya que son esenciales para comprender cómo se cultiva, qué rendimiento se puede esperar y cuál es su potencial como una opción de cultivo alternativa dentro de los sistemas agrícolas, por ejemplo, en un estudio realizado por Cedeño y Gavilánez (2022), en su artículo titulado "Respuesta agronómica de frijol de palo (*Cajanus cajan*) con abonos orgánicos" en donde se realiza una revisión detallada y completa de los múltiples factores que afectan el crecimiento y desarrollo del frijol de palo en una variedad de entornos agrícolas, el estudio analiza diversos aspectos relacionados con el cultivo de esta leguminosa, tales como las condiciones óptimas de suelo y clima, los sistemas de cultivo más apropiados a considerar, las técnicas recomendadas de siembra y gestión, así como los obstáculos y posibilidades destacadas asociadas a esta actividad agrícola.

Esto significa que la capacidad de adaptación del frijol de palo a una amplia variedad de entornos y métodos de cultivo agrícola, en donde se examina de qué manera aspectos como la presencia de agua, las condiciones de temperatura, la altitud y la composición del suelo pueden tener un impacto en la producción y la calidad de los cultivos, resaltando la relevancia de escoger tipos de plantas apropiados y adoptar estrategias de gestión adecuadas con el fin de incrementar al máximo la eficiencia y la sostenibilidad del modelo agrícola (Gutierrez & Saavedra, 2020).

En lo que respecta al manejo integrado de plagas y enfermedades, el trabajo de investigación realizado por Porras et al. (2022) en donde se analiza y estudia las diversas

estrategias con el objetivo de encontrar métodos efectivos para manejar y controlar los principales desafíos fitosanitarios que impactan la producción de frijol de palo, en donde el análisis realizado en el estudio se focaliza en examinar detalladamente la biología y el ciclo de vida de insectos, patógenos y malezas que presentan un riesgo para el cultivo, adicionalmente se sugieren estrategias de manejo integrado que unen técnicas preventivas, culturales, biológicas y químicas con el objetivo de reducir al mínimo los efectos negativos de estas amenazas en la producción y calidad del frijol de palo.

Además, se enfatiza que resalta la relevancia de involucrar activamente a la comunidad en la investigación y facilitar el intercambio de tecnología como medios efectivos para fomentar el desarrollo sostenible de la agricultura del frijol de palo, mediante el estudio de qué manera la interacción y trabajo conjunto entre agricultores, investigadores, extensionistas y otros participantes del campo agrícola puede tener un impacto positivo en la creación y divulgación de información técnica, métodos avanzados y tipos mejorados de plantas que tengan la capacidad de aumentar la eficiencia y el beneficio económico de la producción de frijol de palo (Picón et al., 2022).

3.3.2. Composición nutricional del frijol de palo

Es crucial entender la importancia de la composición nutricional del frijol de palo tanto para determinar su utilidad como fuente de nutrientes en la dieta de seres humanos y animales, de acuerdo con Guevara y Mejía (2023) los cuales realizaron un análisis detallado y minucioso de los elementos nutricionales que se encuentran en el frijol de palo, evaluando su posible importancia como fuente de alimento, analizando diferentes elementos presentes en el frijol de palo, tales como proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra, así como vitaminas y minerales y resaltando su abundancia en nutrientes importantes para el bienestar tanto de las personas como de los animales, en donde se encontraron los siguientes valores:

Tabla 3

Composición nutricional del frijol de palo (Cajanus cajan)

<i>Componente</i>	<i>Cantidad por 100 g (aproximada)</i>	<i>Beneficios</i>
<i>Proteínas</i>	20-23 g	Construcción y reparación de tejidos
<i>Carbohidratos</i>	55-60 g	Fuente de energía
<i>Lípidos</i>	1-3 g	Energía y soporte celular
<i>Fibra</i>	15-20 g	Mejora digestiva y saciedad
<i>Calcio</i>	130 mg	Salud ósea
<i>Hierro</i>	5-7 mg	Prevención de anemia
<i>Vitamina C</i>	0-5 mg	Antioxidante y salud inmune

Nota. Adaptado y extraído de: (Flores, 2018)

Adicionalmente, haciendo referencia a la biodisponibilidad de los nutrientes que se encuentran en el frijol de palo, es importante investigar de qué manera diferentes factores, como el tratamiento, la preparación culinaria y la mezcla con otros alimentos, pueden tener un impacto en la absorción y utilización de los nutrientes presentes en el frijol de palo, además, propone sugerencias y recomendaciones para incrementar la eficacia nutricional de este alimento tanto en la alimentación humana como en la animal (García, 2024).

En cuanto el valor nutricional de los alimentos para la alimentación animal, un estudio realizado por Jaime (2021) en el que se analiza de qué manera la composición nutricional específica del frijol de palo puede tener un impacto positivo en cumplir con los niveles necesarios de proteínas y otros nutrientes para la alimentación de animales de granja, como los pollos de engorde y los cerdos, todo ello mediante el análisis de informes de calidad proteica, la facilidad de digestión y el nivel de aceptación del frijol de palo como componente dentro de las dietas de los animales, resaltando sus posibilidades como una opción respetuosa con el medio ambiente en sustitución de las habituales fuentes de proteína como la harina de soja.

3.3.3. Experiencias previas de inclusión en dietas avícolas

La información obtenida de investigaciones anteriores de proporcionar frijol de palo a la dieta de aves sirve como una fundamentación valiosa para analizar el posible uso de este alimento como una opción nutricional alternativa en la cría de aves, por lo que para ello se ha realizado un análisis minucioso y detallado de los estudios científicos existentes y de las

técnicas utilizadas en el terreno acerca de la integración del frijol de palo en la dieta de las aves de corral, el cual se centra en investigaciones previas que han analizado cómo el frijol de palo afecta la salud, el crecimiento y la productividad de las aves, además de revisar las vivencias de criadores de aves que han incluido el frijol de palo en la alimentación de sus animales (Parrales, 2021).

En contraste y con el propósito de evaluar cómo diversos niveles de incorporación de frijol de palo afectan a las dietas de las aves de corral, se examinaron una serie de factores como la velocidad de aumento, la eficiencia en la conversión de alimentos, la excelencia de la carne y el bienestar digestivo de las aves que se nutren con alimentación que contiene frijol de palo, contrastándolas con aquellas que consumen dietas tradicionales, mediante aquello se observó que las aves que consumían dietas que incluían cantidades apropiadas de frijol de palo presentaron un ritmo de crecimiento similar o aún mayor en comparación con las aves que se alimentaban de dietas convencionales, lo que mostró clara evidencia de que el frijol de palo podría ser una opción dietética beneficiosa para estimular el desarrollo de las aves de corral a través de su aporte nutricional (Santa, 2022).

Adicionalmente, también se descubrió que la eficiencia en la transformación de alimentos, es decir, la proporción de alimento requerido para generar un kilogramo de carne, mostraba similitudes entre los grupos que recibieron frijol de palo como alimento y los que se alimentaron con dietas tradicionales, lo que significa que el frijol de palo podría ser una opción factible en cuanto a su relación costo-beneficio para ser utilizado como alimento en la crianza de aves de corral (Santa, 2022).

Además, en cuanto a las diferentes tácticas que los criadores de aves utilizan para incluir el frijol de palo en la alimentación de sus aves de corral, el estudio realizado por Parrales (2021), en el cual se detallan las técnicas de alimentación que se han demostrado como exitosas para optimizar el desempeño y reducir los riesgos vinculados al uso de frijol de palo en la alimentación de aves, en donde se observó que incorporar un manejo adecuado de los granos, una formulación precisa de la alimentación, así como niveles óptimos de inclusión y métodos de suministro correctos puede potenciar al máximo los beneficios y

reducir al mínimo los posibles riesgos vinculados con la integración de frijol de palo en la dieta de aves de corral.

En cuanto a su implementación práctica, el estudio realizado por Lucas (2021) resalta las enseñanzas extraídas de experiencias anteriores sobre la introducción del frijol de palo en la alimentación de aves, en donde se analizan en detalle los obstáculos y beneficios que surgen al emplear esta leguminosa en la dieta de las aves de corral, además de proporcionar sugerencias para potenciar su eficacia y fomentar su adopción en el sector avícola dando como resaltando una variedad de ventajas posibles vinculadas con la incorporación del frijol de palo en la dieta de aves de corral, reflejando que el frijol de palo tiene el potencial de desempeñar un papel importante como fuente de proteína rentable y amigable con el medio ambiente para las aves, sobre todo en áreas donde la disponibilidad y el costo de otras fuentes proteicas son limitados.

3.4. Impacto de la inclusión del frijol de palo en la producción avícola

El tema de la integración del frijol de palo en la industria avícola está generando un interés cada vez mayor, ya que se reconoce su capacidad para potenciar la sostenibilidad y la eficacia en la crianza de aves, por ejemplo en un estudio realizado por Delgado (2021), en su artículo de título “Evaluación de parámetros productivos en crianza de gallinas criollas”, llevó a cabo un análisis detallado en donde se examinó minuciosamente los impactos derivados de la incorporación del frijol de palo en varios ámbitos relacionados con la cría de aves, mediante el análisis de qué manera la inclusión de frijol de palo en la alimentación de las aves puede tener un impacto en el crecimiento, el bienestar, la calidad de la carne y la viabilidad económica de las granjas avícolas.

Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio de análisis detallado de las implicaciones económicas asociadas con la utilización de frijol de palo en la industria avícola, investigando y analizando detenidamente los costos y beneficios que surgen al incorporar frijol de palo en la alimentación de las aves, teniendo en cuenta diversos aspectos como los costos de materia

prima, la eficacia en la producción, los gastos relacionados con la nutrición y la viabilidad económica de las explotaciones avícolas (Jaramillo & Soto, 2022).

En la misma línea, el estudio realizado por Parrales (2021), el cual se enfoca en analizar las consecuencias que un proyecto específico tiene sobre el medio ambiente y determinar de qué manera la integración del frijol de palo en la crianza de aves puede ayudar a disminuir la necesidad de recurrir a fuentes tradicionales de proteínas, como la harina de soja, la cual se vincula con la degradación de bosques y la disminución de variedad de especies, como resultados se observaron varios aspectos positivos para el medio ambiente que se derivan del empleo del frijol de palo como una opción ecológica para alimentar a las aves de corral, subrayando su contribución en la promoción de métodos agrícolas que son amigables con el entorno natural.

Además, se resalta la relevancia de tener en cuenta los elementos sociales y culturales al momento de incorporar el frijol de palo en la actividad de cría de aves, investigando de qué manera la aplicación de métodos sostenibles en la cría de aves puede tener un impacto positivo en las poblaciones cercanas, al elevar la calidad de los alimentos disponibles, fomentar la creación de puestos de trabajo y estimular el progreso de las zonas rurales (Torres, 2021).

3.4.1. Impactos en parámetros productivos

Debido a su impacto directo en la eficiencia y rentabilidad de las explotaciones avícolas, los efectos en los parámetros productivos en la producción avícola son ampliamente importantes y sus repercusiones son altamente relevantes para la industria avícola en general, mediante los análisis de determinación del impacto de la inclusión de frijol de palo en las alimentaciones de pollos de engorde en relación con indicadores de desenvolvimiento físico, tales como la masa corporal, el aumento peso diario y la eficiencia de transformación de la comida, resultados obtenidos de esta investigación ofrecen datos significativos acerca de cómo el frijol de palo puede contribuir a aumentar la eficacia en la cría de pollos broiler (Aguayo & Pazmiño, 2023).

Además, en cuanto a los información de cómo el consumo de frijol de palo afecta las características y propiedades de la carne de pollos broiler, estudios revelaron que diferentes parámetros nutricionales, tales como el nivel de proteína, grasa y humedad presentes en la carne de las aves que fueron alimentadas con dietas incluyendo frijol de palo y comparándolas con aquellas aves alimentadas con dietas tradicionales, se obtuvieron detalles importantes acerca de la manera en que añadir frijol de palo puede afectar positivamente el valor nutricional de la carne de pollo broiler (Santa, 2022).

En cuanto a la salud digestiva, se llevó a cabo un análisis sobre los efectos de la inclusión del frijol de palo en la composición del microbiota intestinal de pollos de engorde, en donde se examinó la diversidad de microorganismos presentes en el tracto digestivo de aves alimentadas con dietas que contenían frijol de palo, y también investigó los posibles impactos en la salud intestinal y la capacidad de las aves para combatir enfermedades, dichos resultados de la investigación proporcionaron datos significativos sobre cómo la adición de frijol de palo puede tener un impacto positivo en la función del sistema digestivo de los pollos destinados a la producción de carne, lo que a su vez puede conducir a una mejora en su rendimiento en términos de producción (Cruz, 2020).

3.4.2. Beneficios económicos y ambientales

La viabilidad y sostenibilidad de la industria avícola se ven significativamente afectadas por aspectos clave, tales como los beneficios económicos y ambientales que resultan de la integración del frijol de palo en la producción avícola (López, 2024). Mediante la exploración de los efectos financieros derivados de la inclusión de este componente en la cría de aves, se realizan examen de los gastos y ventajas relacionadas con la inclusión del frijol de palo en las alimentaciones de aves de corral para analizar diversos factores como el gasto que implica la adquisición de ingredientes, los niveles de productividad alcanzados, la rentabilidad de las granjas avícolas y el retorno de la inversión asociado a la incorporación del uso de frijol de palo, ofreciendo una visión detallada desde el punto de vista económico acerca de las ventajas monetarias que conlleva la incorporación del frijol de palo en la cría de aves (Ibañez, Sarabia, & Quiñones, 2023).

En el mismo sentido, se llevó a cabo un examen detallado para analizar los beneficios que podría aportar a nivel ambiental la integración del frijol de palo en el proceso de producción avícola, por lo que se investigó y analizó cómo la producción de frijol de palo afecta el medio ambiente en relación con otras opciones de proteína, como la harina de soja, que se emplean en las dietas de aves de corral, mediante análisis detallados de diferentes elementos, tales como la cantidad de emisiones de carbono generadas, la utilización de los recursos naturales y la diversidad de especies presentes en los métodos de producción del frijol de palo (Gutierrez & Saavedra, 2020). Los hallazgos encontrados en este estudio ofrecieron pruebas concretas acerca de la forma en que la introducción del frijol de palo puede jugar un papel importante en disminuir la presión ejercida sobre los recursos naturales y ayudar a paliar los efectos ambientales adversos vinculados a la cría tradicional de aves (Poisot, 2020).

En lo que respecta a la sostenibilidad, este aborda diversas cuestiones relacionadas con la sostenibilidad y su impacto en diferentes aspectos, para lo cual se llevó a cabo una investigación para analizar de qué manera la integración del frijol de palo en la producción avícola puede desempeñar un papel importante en fortalecer la capacidad de recuperación y la consistencia de los sistemas agrícolas en general, examinando diferentes aspectos relacionados con la biodiversidad de cultivos, la disminución de la necesidad de recursos externos y el fortalecimiento de la garantía de abastecimiento de alimentos en las zonas rurales, en donde los datos recopilados ofrecieron información significativa acerca de cómo la integración del frijol de palo puede fomentar métodos agrícolas que sean más sostenibles y capaces de adaptarse en la producción avícola (Valencia & Carmenates, 2022).

3.5. Producción avícola y su impacto en la seguridad alimentaria

3.5.1. Desarrollo histórico de la avicultura en el contexto global y nacional

De acuerdo con Vera (2011) la incorporación de harina de hojas de gandul (*Cajanus Cajan*) en un alimento mejorado para pollos criollos identificó precursores importantes, destacando la importancia de explorar alternativas de producción avícola sostenibles y económicamente viables, asimismo dada la competencia de los cultivos para biocombustibles

y los precios inestables de las materias primas tradicionales, dada la necesidad de explorar nuevas fuentes de alimentos que contribuyan a la sostenibilidad de la producción avícola se ha convertido en una prioridad, lo que afecta la nutrición humana y animal, especialmente en países donde la producción tradicional de alimentos es limitada, es por ello que se plantea que el polvo de hojas de gandul es una alternativa prometedora debido a su alto contenido de proteínas y su capacidad de adaptarse a las condiciones tropicales.

Quiñonez (2023) señala que la adición de este tipo de harina puede tener un impacto positivo en el consumo de alimento, el aumento de peso, la eficiencia de conversión alimenticia y el rendimiento de la canal. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los resultados pueden variar según el porcentaje de adición y las condiciones específicas. Por tanto, se están realizando esfuerzos no solo para evaluar los aspectos productivos y nutricionales de la harina de gandul para pollos mejorados, sino también para considerar las implicaciones económicas y ambientales de su inclusión en la dieta. Esto incluye un análisis de la viabilidad de la producción local de esta fuente de alimento, su aceptación por parte de las aves y su impacto en la calidad de la carne y otros productos avícolas (Vera, 2011).

En investigaciones enfocadas en analizar los efectos de agregar harina de frijol de canavalia tostada en la alimentación de pollos criollos mejorados, se evaluaron diversos aspectos, como la cantidad diaria de alimento consumido, el aumento de peso diario, la eficiencia en la conversión de alimentos, la calidad de la carcasa, la acumulación de grasa abdominal, las ganancias netas y el valor económico global (Dueñas, 2023). Según Vera (2011), al examinar el desarrollo histórico de la avicultura a nivel mundial y nacional y considerar su importancia para garantizar la seguridad alimentaria, se destaca la significativa influencia que tiene la avicultura en la economía peruana, la cual es responsable del 26% de la producción agropecuaria del país y contribuye aproximadamente con el 2% del Producto Bruto Interno nacional, generando alrededor de quinientos mil puestos de trabajo tanto directos como indirectos. La avicultura ofrece un alimento accesible y saludable para la comunidad. Sin embargo, enfrenta desafíos como la amenaza de la Influenza Aviar, la volatilidad de los precios y el aumento de los costos de producción. Esto subraya la urgencia

de encontrar opciones sostenibles y económicamente rentables para la producción de alimentos para aves (Buendía, 2024).

Adicionalmente, de acuerdo con Santa Cruz (2022), este descubrió que al añadir harina de frijol de canavalia a la dieta de los pollos criollos mejorados no tuvo un impacto adverso en su rendimiento bioeconómico, lo que indica que utilizar esta harina podría ser una opción eficaz para disminuir los gastos en la alimentación de aves de corral, mejorando no solo la rentabilidad de las granjas avícolas sino también de apoyar la sostenibilidad ambiental al disminuir la dependencia de fuentes de proteínas más caras y con mayor impacto ecológico, destacando la relevancia de introducir novedades en la alimentación de las aves mediante la incorporación de soluciones sostenibles, como, por ejemplo, la inclusión del frijol de canavalia, lo que podría generar un efecto de relevancia en la garantía de la disponibilidad de alimentos y en promover un crecimiento sostenible en la cría de aves, tanto a nivel nacional como mundial (Dueñas, 2023).

3.5.2. Desafíos actuales

El estudio realizado por Bravo y Tenen (2022) los cuales, ofrecen un análisis detallado y completo sobre cómo las enfermedades aviares afectan económicamente a la industria de cría de aves para consumo humano, mediante un análisis minucioso de los gastos vinculados al cuidado de enfermedades, los perjuicios sufridos por las aves y las acciones preventivas que se han puesto en práctica en las explotaciones avícolas, subrayando la relevancia fundamental de medidas como la vacunación, el cumplimiento de protocolos de bioseguridad y la implementación de una vigilancia epidemiológica constante para evitar la propagación de enfermedades y reducir al mínimo los impactos negativos tanto en la economía como en la salud pública.

Por otro lado, en su trabajo publicado por Garcés (2020) en donde examina y analiza los obstáculos vinculados a los gastos de alimentación en la cría de aves, poniendo énfasis en los elementos que inciden en la mejora de la aprovechamiento de los nutrientes en las aves de corral, su investigación se centra en explorar en mayor profundidad la manera en la que

se formulan las dietas y en evaluar la calidad de los ingredientes utilizados, con el objetivo de mejorar el rendimiento de las aves y disminuir los costos operativos para los productores de aves de corral.

De acuerdo con Herrero et al. (2020) en cuanto a los obstáculos y ventajas que pueden surgir al intentar elevar los estándares de sostenibilidad en la industria avícola a escala mundial, estudios se centran en áreas de gran importancia, incluyendo la administración de desechos, la optimización del consumo de energía, la promoción del bienestar de los animales y la disminución de la utilización de antibióticos en la cría de aves, incluyendo ejemplos concretos de proyectos que resaltan estrategias exitosas utilizadas en la producción sostenible de aves en varias partes del globo, proporcionando información valiosa para enfrentar los problemas ambientales y sociales vinculados a este sector.

3.6. Frijol de palo (*Cajanus cajan*) como fuente alternativa de proteína

A continuación, se ofrece un detallado examen de la situación actual en cuanto al frijol de palo (*Cajanus cajan*) como una posible fuente de proteína alternativa, resaltando las conclusiones más importantes de diversos expertos en este novedoso ámbito de estudio relacionado con la agricultura y la alimentación.

El frijol de palo, cuyos otros nombres incluyen guandul, gandul y arveja de palo, es una leguminosa que se cultiva extensamente en distintas zonas tropicales y subtropicales alrededor del globo terráqueo. Debido a su valioso contenido de proteínas de alta calidad, aminoácidos esenciales y otros nutrientes beneficiosos para la alimentación de seres humanos y animales, el interés en explorar su potencial como fuente alternativa de proteína ha ido en aumento en la comunidad científica y agrícola (Vivanco, 2022).

Expertos han resaltado las cualidades nutricionales del frijol de palo al identificarlo como una valiosa fuente de proteínas de origen vegetal, destacando su beneficio al compararlo de manera positiva con otras legumbres ampliamente reconocidas como la soja, subrayando que el frijol de palo posee la habilidad de ofrecer una diversidad considerable de

aminoácidos esenciales, tales como lisina y triptófano, los cuales desempeñan un papel crucial en el proceso de crecimiento y desarrollo del ser humano (Aragundi, 2023).

Además de lo mencionado, se han realizado investigaciones sobre procesamiento de datos, como el estudio llevado a cabo por Gutiérrez y Saavedra (2020). A lo largo del año, se ha investigado en diferentes métodos y estrategias con el objetivo de aumentar la facilidad con la que el frijol de palo es digerido y aceptado como parte de la alimentación. Según estas investigaciones, se ha comprobado que tanto el tratamiento térmico como la fermentación tienen la capacidad de disminuir los compuestos antinutritivos que se encuentran en el frijol de palo, lo que conlleva a una mejora en su calidad nutricional y en su viabilidad como una fuente proteica en las dietas tanto de humanos como de animales (Matos, 2022).

Adicionalmente, se han llevado a cabo investigaciones importantes acerca de la viabilidad de emplear el frijol de palo como un componente en la dieta destinada a aves de corral y ganado, estos sugieren que el frijol de palo tiene el potencial de ser una opción eficaz en lugar de la soja y otros alimentos concentrados ricos en proteínas utilizados en la alimentación de los animales, lo que podría ayudar a garantizar la seguridad alimentaria y promover la producción animal de manera sostenible (Lucas, 2021).

3.6.1. Evaluación del uso de frijol de palo en la dieta de animales de granja

El uso de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la alimentación de animales de granja ha atraído la atención en la comunidad científica dedicada a la agricultura y ganadería, pues se ha destacado su capacidad como una valiosa fuente adicional de proteínas y nutrientes en la dieta animal, ofreciendo una perspectiva minuciosa acerca de los impactos que esta leguminosa tiene en la salud, el nivel de productividad y la calidad de los productos provenientes de animales de granja, tales como pollos, cerdos y rumiantes (Arenas, 2022).

En otros estudios, de igual manera, se llevaron a cabo evaluaciones para analizar los impactos que tiene la adición de frijol de palo en las dietas destinadas a la alimentación de pollos destinados a engorde, en donde los datos obtenidos señalan que al reemplazar parcialmente la harina de soja por frijol de palo en la dieta de los pollos, se puede conservar

o incluso mejorar el crecimiento, la eficiencia en la digestión de alimentos y la calidad de la carne, sin tener un impacto adverso en la salud de las aves o en la calidad de los huevos que producen (Aragundi, 2023).

Además de los pollos, se han llevado a cabo investigaciones sobre la utilización del frijol de palo como componente en dietas destinadas a cerdos y rumiantes, en donde los resultados indican que el frijol de palo puede desempeñar un papel importante como fuente de proteína y energía en la dieta de cerdos y rumiantes, lo que podría ayudar a disminuir los gastos de alimentación y favorecer el desarrollo sostenible de la ganadería (Ramírez, 2021).

Adicionalmente, de acuerdo con Solórzano (2023) es fundamental considerar los aspectos relacionados con la alimentación y el tratamiento del frijol de palo al agregarlo a la alimentación de los animales de granja, por lo que se ha resaltado la relevancia de mejorar la composición de las dietas y el tratamiento de la leguminosa con el objetivo de aumentar su capacidad de ser digerida eficientemente por los animales, al mismo tiempo que se busca reducir al mínimo la presencia de sustancias antinutritivas que podrían tener un impacto negativo en la salud y el desempeño de los animales .

3.7. Impacto de la inclusión de frijol de palo en la producción y salud de pollos broiler

El frijol de palo, también conocido como *Cajanus cajan*, ha emergido como una opción muy prometedora para alimentar pollos broiler, gracias a su elevado nivel de proteínas y nutrientes esenciales, lo que lo convierte en una alternativa muy valiosa en la dieta de estas aves de corral, por lo que la incorporación de frijol de palo en las dietas de las aves de corral puede generar diversos impactos tanto en los rendimientos de producción como en el bienestar sanitario de las aves (Aragundi, 2023).

Investigaciones recientes, se han llevado a cabo investigaciones para evaluar cómo la adición de frijol de palo en la alimentación de pollos broiler afecta su velocidad de crecimiento y la eficiencia con la que utilizan el alimento, en donde se indica que al reemplazar parcialmente las fuentes proteicas convencionales por frijol de palo, no solo es posible mantener, sino que también se puede mejorar el crecimiento y el aumento de peso de

los pollos broiler, lo que puede deberse a las características nutricionales y la capacidad del frijol de palo para satisfacer las necesidades proteicas de las aves (Jaime, 2021).

Además, se han realizado evaluaciones para determinar el impacto que tiene la adición de harina en la salud intestinal y la respuesta inmunológica de los pollos de engorde, demostrando tener impactos positivos en la diversidad y equilibrio de microorganismos presentes en el intestino, lo que resulta en la promoción de una composición beneficiosa de bacterias y en la disminución de la probabilidad de desarrollar trastornos gastrointestinales, lo que implica que incluir harinas específicas en la dieta de los pollos de engorde puede mejorar la salud intestinal y la resistencia a las enfermedades, lo que a su vez podría tener una influencia beneficiosa en la eficiencia y rentabilidad de la producción avícola (Panduro, 2023).

Así mismo, se deben tener en cuenta los desafíos potenciales y restricciones vinculadas con la utilización de frijol de palo como parte de la dieta de los pollos broiler, por lo que en otros estudios se ha resaltado la importancia de mejorar las estrategias utilizadas en el procesamiento y elaboración de dietas con el fin de incrementar la facilidad de digestión y la aceptación de las aves hacia el frijol de palo, lo que significa que es fundamental reducir al mínimo cualquier efecto antinutricional que podría tener un impacto negativo en el crecimiento y bienestar de los pollos de engorde (Lage, 2023).

3.8. Implicaciones para la sostenibilidad y la economía de la producción avícola

El uso del frijol de palo (*Cajanus cajan*) como una alternativa de proteína en la avicultura presenta implicaciones significativas para la sostenibilidad y la economía de la industria avícola, aspecto que ha sido ampliamente explorado en múltiples investigaciones, por ejemplo, en el campo de la economía estudios llevados a cabo por Ganchala (2022), han llevado a cabo evaluaciones para analizar cómo la inclusión de frijol de palo en las dietas de pollos broiler impacta en términos financieros, en donde se pudo observar que en determinadas situaciones la adición de frijol de palo en la dieta puede resultar en un importante ahorro en los gastos relacionados con la alimentación, dado que este componente

tiende a ser más asequible en comparación con otras alternativas proteicas habituales como la harina de soja, lo que resulta en un efecto beneficioso en la rentabilidad de las actividades relacionadas con aves de corral y ayudar a mejorar la posición competitiva de la industria en general.

Con respecto a los impactos en el medio ambiente, se llevaron a cabo análisis exhaustivos para evaluar los impactos derivados de la introducción de frijol de palo en la industria avícola, centrándose en aspectos como la huella ambiental y la viabilidad a largo plazo, en donde se ha notado que el cultivo de frijol de palo demanda menos recursos naturales y produce menos gases de efecto invernadero en comparación con otras fuentes alimenticias provenientes de animales y plantas, lo que implica que emplear este alimento puede ayudar a minimizar el impacto ambiental generado por la cría de aves (López, 2024).

Además, los estudios de análisis del ciclo de vida, han mostrado hallazgos significativos en esta área, dado que en una evaluación exhaustiva del equilibrio existente entre los beneficios económicos y ambientales que implica la utilización del frijol de palo en la industria de producción avícola, se ha descubierto que, en líneas generales, agregar frijol de palo como parte de la dieta puede tener beneficios en términos de sostenibilidad tanto económica como ambiental en las explotaciones avícolas, asegurando también la producción de alimentos seguros y ricos en nutrientes (Méndez, 2022).

No obstante, es de gran importancia considerar que la implementación extensa del frijol de palo en la industria avícola podría experimentar obstáculos vinculados con la disponibilidad de los ingredientes necesarios, la gestión logística de la cadena de suministro y la acogida por parte de los consumidores (Reyes, 2020). Se requiere que se realicen más investigaciones y se intensifiquen los esfuerzos de colaboración tanto entre las entidades del ámbito público como del privado con el objetivo de abordar estos desafíos de manera efectiva y fomentar la implementación de prácticas alimentarias que sean más sostenibles dentro del sector de la crianza de aves (Anido & Daniel, 2023).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

4.1.1. Físicos

- Galpón (plástico y guadua)
- Bebederos
- Comederos
- Criadoras
- Focos LED amarillos
- Cascarilla de arroz
- Balanza digital

4.1.2. Animales

- 120 pollos Broiler Cobb 500 de un día de nacidos

4.1.3. Alimento

- Frijol de palo gandul (*Cajanus cajan*)
- Materias primas para elaboración de balanceado (maíz, afrecho de trigo, soya, polvillo de arroz, carbonato, fosfato dicálcico, sal de mar, lisina, metionina)
- Agua potable

4.1.4. Materiales de laboratorio

- Balanza digital
- Estufa
- Tubos de ensayo grandes

- Matrax Erlenmyer 200 ml
- Frasco recolector de muestras
- Sorbona
- Destilador
- Titulador
- Software estadístico XLSTAT BASIC+, versión 2023.2.0.1411, licencia b1672737-bf0f-472b-a655-46d8039fd975 (Lumivero, 2023).

4.1.5. Reactivos

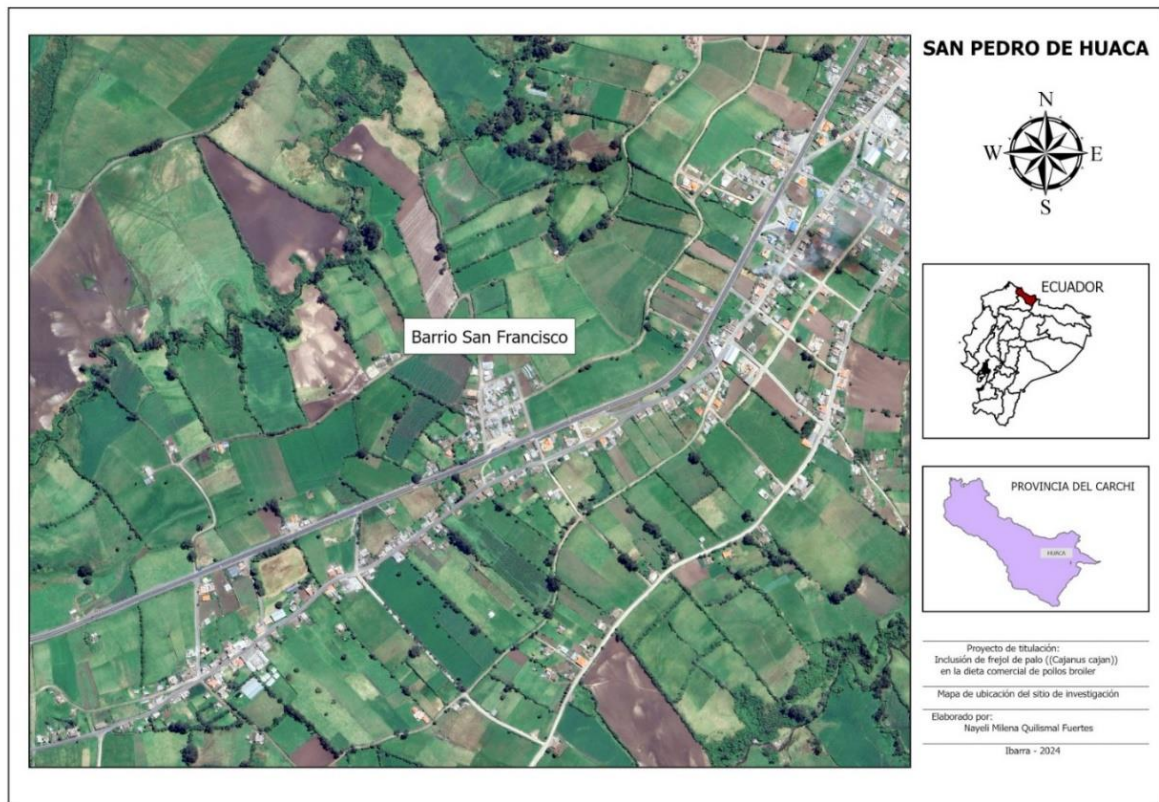
- Pastillas catalizadoras
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98%
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 35%
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 35%
- Ácido bórico (H_3BO_3) al 4%
- Rojo tashiro
- Ácido clorhídrico (HCL) al 0.2%
- Agua destilada

4.2. Métodos de evaluación

4.2.1. Localización del área de estudio

Figura 2

Ubicación de Provincia del Carchi, Cantón San Pedro de Huaca



Nota. Adaptado de Google Earth y diseñado en programa informático ArcGis Pro en laboratorios de PUCE – I (2024)

La presente investigación se llevó a cabo en la Provincia del Carchi, Cantón San Pedro de Huaca, barrio San Francisco se encuentra a una a una altitud de 2760 m s.n.m; posee una latitud $77^{\circ} 39' 02''$ N y una longitud $77^{\circ} 46' 02''$ W.

Tabla 4*Condiciones climáticas del Cantón San Pedro de Huaca*

Condiciones climáticas	
Precipitación media/anual (mm)	880
Temperatura máxima	28 °C
Temperatura media anual	13 °C
Humedad relativa	80%
Velocidad del viento (Km/h)	6
Clima frío	3 a 18 °C

Nota. Obtenido del (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Pedro de Huaca [GADM], 2020).

4.2.2. Tratamientos

Para la investigación experimental las alternativas de inclusión de diferentes porcentajes de frijol de palo en los tratamientos fueron definidas como sigue:

Tabla 5*Tratamientos empleados en la investigación*

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	Elaboración de alimento sin inclusión de frijol
T2	Alimento con inclusión de 5% frijol
T3	Alimento con inclusión de 10% frijol

Nota. Adaptado de: (Parrales, 2021).

4.2.3. Diseño experimental

Para el trabajo de investigación se implementó un diseño experimental completamente al azar (DCA), el cual es adecuado para asegurar la aleatorización y

minimizar los sesgos en los resultados. Este diseño se estructuró con tres tratamientos diferentes y cuatro repeticiones por cada tratamiento, resultando en un total de doce unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo compuesta por diez aves, sumando un total de 120 aves utilizadas en el experimento

4.2.4. Análisis Funcional

Para poder identificar las diferencias entre los tratamientos se estableció un análisis de varianza (ANOVA) como método principal. Inicialmente, se realizó una verificación de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks para confirmar que los datos seguían una distribución normal, lo cual es un supuesto fundamental para la validez del ANOVA. Posteriormente, para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al nivel de significancia del 5%. Esta prueba permitió identificar cuáles tratamientos presentaban diferencias significativas en los parámetros evaluados, proporcionando una comprensión clara del impacto de la inclusión de diferentes porcentajes de frijol de palo en la dieta de los pollos broiler

Tabla 6

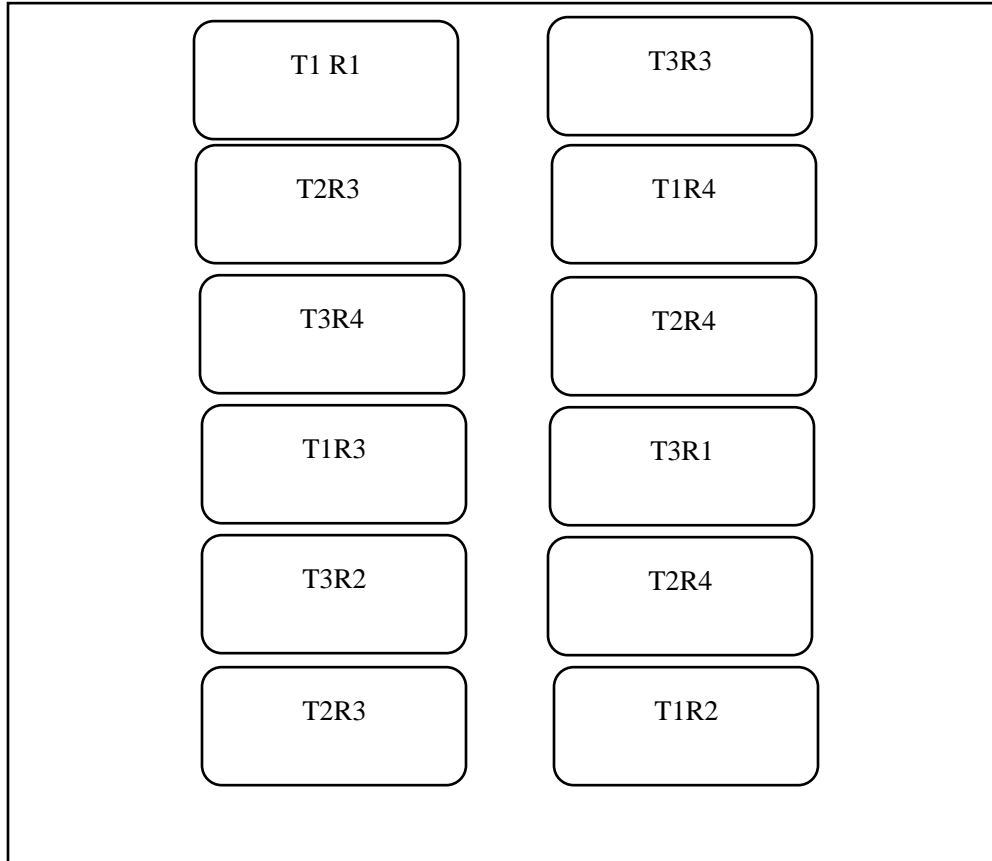
Modelo de análisis de varianza (ANOVA)

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	11
Tratamiento	2
Repeticiones	9

Nota. Programa software estadístico XLSTAT BASIC+, versión 2023.2.0.1411, licencia b1672737-bf0f-472b-a655-46d8039fd975 (Lumivero, 2023).

4.2.5. Unidad experimental

Se establecieron 12 unidades experimentales cada una con 10 aves en una jaula de 1 x 1,5 metros y una altura de 0.80 metros.



4.3. Manejo del ensayo

4.3.1. Construcción del galpón

El galpón para las aves se construyó utilizando guadua, una opción sostenible y resistente, ideal para la estructura requerida. Las dimensiones del galpón fueron de 5 metros de ancho, 7 metros de largo y 2.5 metros de alto. El piso se construyó de cemento, proporcionando una base sólida y fácil de limpiar. Alrededor de todo el perímetro del galpón se levantaron muros de bloque de 1 metro de altura, los cuales se recubrieron con plástico y sarán, materiales que ayudan a mantener una temperatura controlada y protegen el interior de corrientes de aire y humedad excesiva. Se incluyeron ventanas estratégicamente ubicadas para asegurar una ventilación adecuada y una puerta que facilitara el acceso y manejo de las aves. Para la división de cada jaula, que actuaba como una unidad experimental, se utilizó un espacio de 1 metro por 1.5 metros. La cama de cada unidad se compuso de cascarilla de arroz,

con una altura de 15 centímetros, proporcionando un sustrato cómodo y absorbente para las aves (CONAVE, 2022).

4.3.2. Preparación del galpón

Se realizó una desinfección externa e interna de todas las áreas del galpón, asegurando que todas las áreas estuvieran libres de patógenos que pudieran afectar la salud de las aves. Esta desinfección se realizó con anticipación de 4 a 3 días antes de la recepción de los pollos, se instalaron dos criadoras a una altura de 1.60 metros, las cuales fueron fundamentales para mantener la temperatura adecuada (30 a 32 °C) durante los primeros días de vida de los pollos, se colocaron comederos, bebederos, asegurando que cada grupo de aves tuviera fácil acceso a alimento y agua. Además, se instalaron focos LED de luz amarilla en cada unidad experimental, lo que ayudó a mantener un ambiente iluminado, caliente las camas y estimulante para las aves. Cada unidad experimental se preparó para alojar 10 aves, asegurando que cada grupo tuviera el espacio y las condiciones necesarias para su desarrollo (González, 2018).

4.3.3. Recepción de pollos broiler

Para el alojamiento de los pollitos de un día de edad, se tomaron precauciones adicionales para asegurar su bienestar desde el momento de su llegada. Las camas se calentaron durante 24 horas antes de su llegada, creando un ambiente cálido y acogedor que ayudara a minimizar el estrés de los pollitos recién nacidos. Una vez que los pollos recibieron su primera vacuna, se los ubicó en grupos de 10 aves por unidad experimental, distribuyéndolos en las 12 unidades experimentales correspondientes a los tres tratamientos y cuatro repeticiones establecidos en el diseño experimental. En total, se utilizaron 120 pollos para la investigación, permitiendo una evaluación exhaustiva de los diferentes tratamientos (CONAVE, 2022).

4.3.4. Cronograma de vacunación

El cronograma de vacunación se diseñó meticulosamente para cubrir las necesidades inmunológicas de las aves en diferentes etapas de su desarrollo. Este calendario incluyó las

siguientes vacunas, administradas según la edad de las aves para prevenir enfermedades comunes y reducir la mortalidad:

Tabla 7

Cronograma de vacunación según edad

EDAD	VACUNA	CEPA
1	Bronquitís	Massachusetts
9	New Casttile	La sota
9	Gumburo	Bursine 2
21	New Casttile	La sota
21	Gumburo	Bursine 2

Nota. Obtenido de: (Villagómez, 2018).

4.3.5. Manejo de alimento

Se suministró una dieta balanceada formulada que cumpliera con los requerimientos nutricionales específicos de cada etapa productiva del pollo, que incluyen las fases de inicio, crecimiento y engorde. La dieta se ajustó para incluir diferentes porcentajes de frijol de palo (5% y 10%), con el objetivo de evaluar su impacto en el desempeño productivo de las aves. Las materias primas utilizadas en la formulación de las dietas incluyeron maíz, pasta de soya, afrecho de trigo, polvillo de arroz, carbonato de calcio, fosfato dicálcico, sal de mar, lisina y metionina, teniendo en cuenta que cada uno de estos ingredientes fue seleccionado por su calidad y capacidad para aportar los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de los pollos broiler (Espinoza, 2023). Por otro lado, se realizó un análisis bromatológico al frijol de palo (*Cajanus cajan*), para esto se envió 500 g de la muestra a la empresa INIAP, con la finalidad de conocer más a fondo las propiedades nutritivas de esta planta leguminosa y así poder realizar adecuadamente la formulación del balanceado (Anexo 3).

4.3.6. Manejo de agua

El agua es un recurso crucial para el bienestar de las aves, ya que contribuye a regular su temperatura corporal, mejora la digestión y facilita la eliminación de desechos. Se instalaron bebederos manuales para proporcionar agua potable fresca a las aves las 24 horas del día. El agua se cambió tres veces al día (mañana, medio día y tarde) para asegurar su frescura y calidad. Además, se realizaron constantes desinfecciones y limpiezas de los equipos de suministro de agua para prevenir la proliferación de enfermedades y mantener un ambiente higiénico. Estos procedimientos garantizan que las aves siempre tengan acceso a agua limpia y segura, lo que es esencial para su salud y rendimiento productivo (Simbaña, 2021).

4.4. Variables de estudio

4.4.1. Variables Independientes

- Cantidad de alimento
- Porcentaje de inclusión de frijol de palo gandul (*Cajanus cajan*)

4.4.2. Variables dependientes

4.4.2.1. Ganancia de peso

Para calcular la ganancia de peso de las aves, se pesó a los pollos desde el primer día (peso inicial) y semanalmente durante todo el ciclo productivo (peso final). Bonilla, (2018) menciona que, para la determinación de esta variable, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Ganancia\ de\ peso = \frac{P.F - P.IN}{N.D}$$

Donde:

P.F: Peso Final

P.IN: Peso Inicial

N.D: Número de días

4.4.2.2. Peso final de cada etapa

Para determinar el peso final de cada etapa productiva de las aves, se pesaron a los pollos en cada fase de producción: Inicial (10 días), crecimiento (25 días) y engorde (42 días), estos datos permiten evaluar el desarrollo y el rendimiento de las aves en cada etapa, proporcionando información crucial para optimizar su alimentación y manejo, asegurando así una producción más eficiente y rentable (CONAVE, 2022).

4.4.2.3. Índice de conversión alimenticia

Hace referencia a la cantidad de alimento necesario para producir un kilogramo de carne, según López & Mora, (2013) para el cálculo de la conversión alimenticia se emplea la siguiente fórmula:

$$Ganancia\ de\ peso = \frac{C.A\ (g)}{I.P\ (g)}$$

De modo que:

C.A: Consumo de alimento

I.P: Incremento de peso

4.4.2.4. Aprovechamiento de proteína en cada etapa (análisis bromatológico)

Se lo realizó por medio de un análisis bromatológico en las heces de las aves en los laboratorios de la PUCE-I, para conocer la cantidad de proteína (procedente del alimento) que aprovechó el animal para convertirla en proteína muscular. Esto se realizó mediante el método de Kjeldahl (Parrales, 2021).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Evaluación de frijol de palo como fuente de proteína en la dieta de pollos broiler

5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza

Una vez que los datos han sido procesados se realizó la prueba de Normalidad de Shapiro – Wilks obteniendo valores de ($p\text{-value} > 0.05$) al presentar datos normales, por otro lado, ANOVA unidireccional, pues permite la comparación de más de dos grupos independientes, por lo tanto, se obtiene las gráficas de Tukey al 5%, con rangos de significancia.

Tabla 8*Prueba de supuestos de normalidad de varianza*

Variables	Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Shapiro Test	p-valor	Levene test	
						F (Valor crítico)	p-valor (bilateral)
Ganancia de peso semanal							
Semana 1	12	127.88	5.04	0.90	0.16	0.15	0.86
Semana 7	12	2430.39	236.38	0.98	0.96	0.97	0.41
Ganancia final de peso de cada etapa							
Etapa inicial	12	13.75	0.67	0.92	0.28	1.27	0.33
Etapa crecimiento	12	15.35	1.63	0.96	0.80	1.38	0.30
Etapa Engorde	12	41.29	3.10	0.96	0.83	2.54	0.13
Conversión alimenticia semanal							
Semana 1	12	1.88	0.08	0.90	0.15	0.16	0.85
Semana 7	12	0.88	0.06	0.97	0.87	1.06	0.39
Aprovechamiento de proteína de cada etapa							
Etapa inicial	12	0.94	0.63	0.87	0.07	1.26	0.33
Etapa crecimiento	12	5.43	2.01	0.97	0.93	3.20	0.09
Etapa Engorde	12	4.91	1.71	0.95	0.67	3.83	0.06

Nota. Shapiro – Wilk test p-value > 0.05: los datos de distribución normal; p-value <0.05

5.2. Análisis estadísticos de las variables

5.2.1. Ganancia de peso

Con los datos recopilados semanalmente de los pesos de los pollos, se procedió calcular la ganancia de peso de los animales para cada tratamiento al final del periodo experimental, cuando las aves cumplieron 45 días de edad (Tabla 9).

Tabla 9

Ganancia de peso a los 45 días en la evaluación de frijol de palo (Cajanus Cajan) como fuente de proteína en la dieta de pollos broiler

Tratamientos	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia de peso a los 45 días (g)
T1 (0%)	51.25	2282.95	49.59
T2 (5%)	51.65	2417.23	52.57
T3 (10%)	51.35	2590.99	56.44

El análisis de varianza (Tabla 10), muestra que el modelo tiene un efecto significativo sobre la ganancia de peso (valor $p=0.019$). Esto significa que las variables incluidas en el modelo explican de manera significativa la variabilidad en ganancia de peso. La variabilidad explicada por el modelo (95406.856) es considerablemente mayor que la variabilidad no explicada (15002.474), y el estadístico F (6.359) sugiere que esta diferencia es significativa.

Tabla 10

Análisis de varianza para ganancia de peso

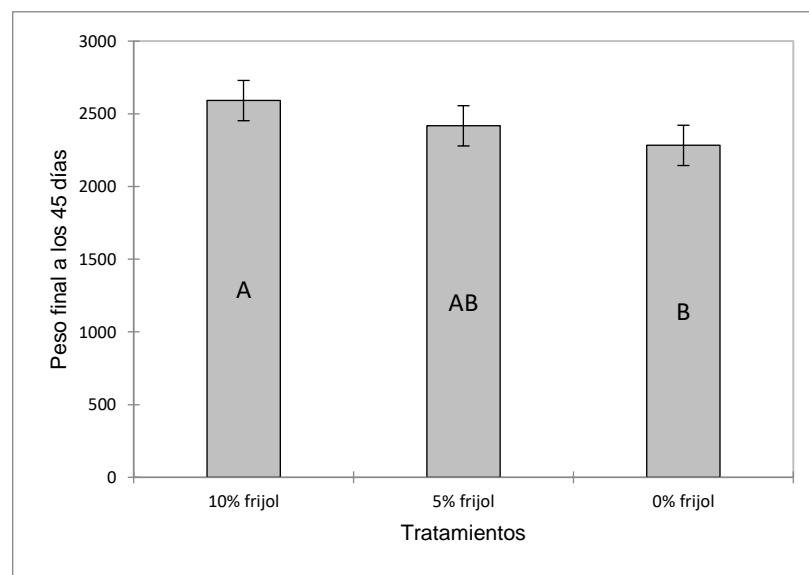
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-values
Modelo	2.000	190813.711	95406.856	6.359	0.019	*
Error	9.000	135022.264	15002.474			
Total corregido	11.000	325835.976				
CV (%)	617.29					
Promedio (g)	2430.39					

Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: $p>0.05$, CV: Coeficiente de variación

Se puede observar así mismo en la prueba de Tukey al 5% para la ganancia de peso, Figura 3 la evaluación del peso de las aves en las diferentes semanas de toma de datos. El peso final alcanzado por los pollos muestra que el T3 (10% frijol) presentó el mayor peso con un promedio de 2590.99 g, seguido por el T2 (5% frijol) con una cifra media de 2417.23 g, y finalmente, el T1 (sin frijol) tuvo la ganancia de peso más baja con un promedio de 2282.95g.

Figura 3

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable peso final a los 45 días



En esta investigación, observamos que las aves alimentadas con una dieta que incluía frijol de palo, mostraron variaciones significativas en su ganancia de peso a los 45 días. Los pollos del grupo T3 (10% frijol) tuvieron la mayor ganancia de peso, con un promedio de 56.44 g, le siguieron los del grupo T2 (5% frijol) con 52.57 g, y finalmente los del grupo T1 (0% frijol) con 49.59 g. Estos resultados se asemejan con los del estudio de Román (2021), quien reportó mejoras significativas en la ganancia de peso en pollos criollos con dieta que incluían frijol al 5% (54.04 g) y al 10% (54.56 g). Debido a que incluir frijol en la dieta de las aves, mejora la calidad y cantidad del alimento disponible, aumentando el contenido proteico, y fortaleciendo un mayor rendimiento productivo.

Por otro lado, los resultados de Dueñas (2023), difieren de los obtenidos en esta investigación en cuanto a la ganancia de peso diaria (GDP) con dietas que incluyen frijol en pollos criollos. En dicho estudio, la dieta con un 4% de frijol resultó en una GDP de 53.33 g, y la dieta con un 12% de frijol en 43.53 g, siendo estos valores menores a los obtenidos en el presente estudio. Además, en cuanto al peso final, las aves que recibieron una dieta con 10% de frijol alcanzaron un peso final promedio mayor de 2590.99 g, seguido por los que recibieron 5% de frijol, con un peso final promedio de 2417.23 g. De manera similar, PARRALES (2021), reportó un peso final de 2320.80 g para los pollos alimentados con 10% de frijol y un peso de 1748.60 g para aquellas con un 5% de frijol.

5.2.2. Peso final de cada etapa

5.2.2.1. Etapa inicial (10 días)

Con los datos recopilados al final de cada etapa productiva de las aves, se calculó la ganancia de peso para cada tratamiento en la etapa de inicio, cuando los pollos alcanzaron los 10 días de edad (Tabla 11).

Tabla 11

Peso final y ganancia de peso en la primera etapa productiva (10 días)

Tratamientos	Peso inicial (g)	Peso final (g) en 10 día	Ganancia de peso total (g)
T1 (0%)	51.25	189.9	13.87
T2 (5%)	51.65	186.43	13.48
T3 (10%)	51.35	190.35	13.9

El análisis de varianza (Tabla 12), muestra que el modelo no tiene un efecto significativo sobre la ganancia de peso final en la primera etapa inicial a los 10 días (valor $p = 0.653 > 0.1$). Esto indica que las variables incluidas en el modelo no explican de manera significativa la variabilidad en el peso final durante esta etapa.

Tabla 12

Análisis de varianza para peso final de la etapa inicial

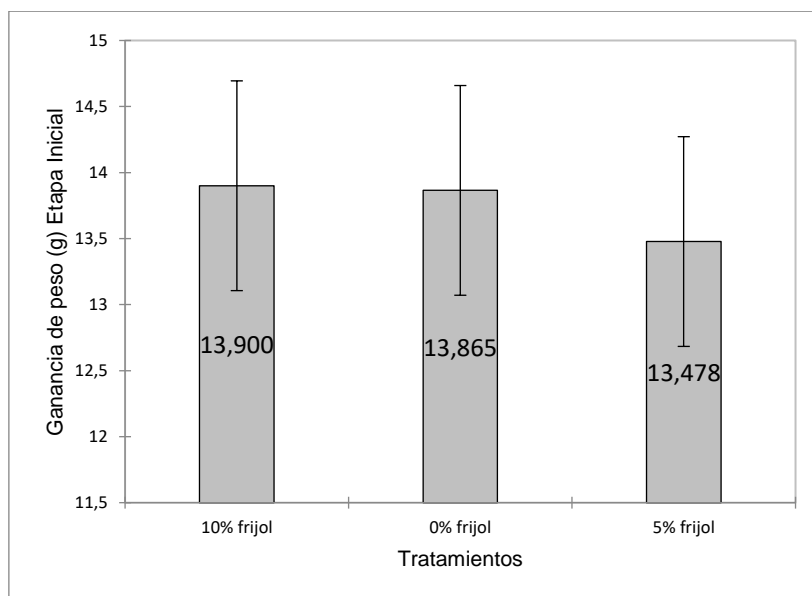
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-values
Modelo	2.000	0.440	0.220	0.446	0.653	ns
Error	9.000	4.436	0.493			
Total, corregido	11.000	4.876				
CV (%)	3.59					
Promedio (g)	13.75					

Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: $p > 0.05$, CV: Coeficiente de variación

Los promedios para la ganancia de peso en la etapa inicial (Figura 4) revela que el T3 (10% frijol) y T1 (sin frijol) presentan una mayor ganancia de peso promedio de 13.9 g y 13.87 g. En contraste, el T2 (5% frijol) muestra una ganancia de peso menor, de 13.48 g, durante la etapa inicial.

Figura 4

Comparación múltiple de promedios de la variable ganancia de peso en la etapa inicial (10 días)



5.2.2.2. Etapa crecimiento (25 días)

A partir de los datos recolectados al final de cada etapa productiva de los pollos, se calculó la ganancia de peso para cada tratamiento al finalizar la etapa de crecimiento, cuando las aves cumplieron 25 días de edad (Tabla 13).

Tabla 13

Peso final y ganancia de peso en la segunda etapa productiva (25 días)

Tratamientos	Peso inicial (g)	Peso final (g) en 25 día	Ganancia de peso total (g)
T1 (0%)	51.25	534.18	19.32
T2 (5%)	51.65	587.93	21.49
T3 (10%)	51.35	595.58	21.77

El análisis de varianza (Tabla 14), para el peso final de la etapa de crecimiento muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con un valor F de 4.729 y un valor p de 0.039, lo que cual es significativo al nivel del 5%. Esto indica que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente sobre el peso final de las aves en comparación con otros tratamientos.

Tabla 14

Análisis de varianza para peso final de la etapa crecimiento

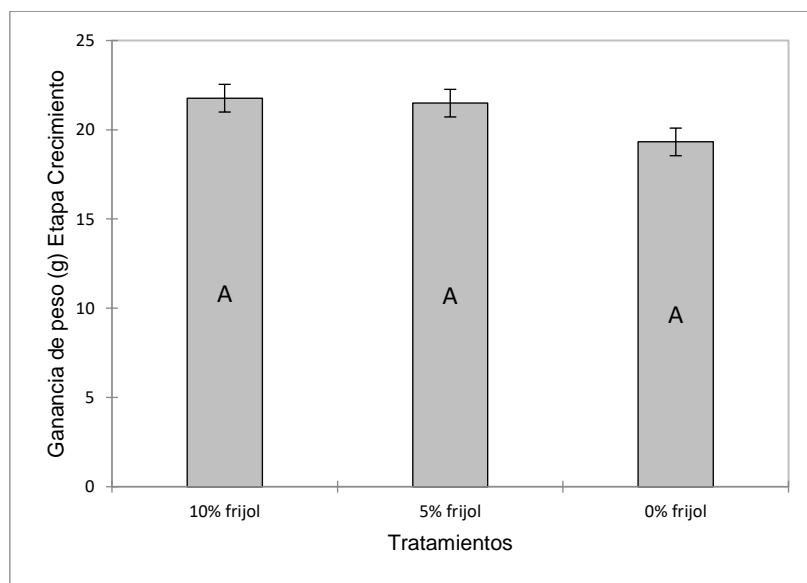
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-values
Modelo	2.000	14.941	7.470	4.729	0.039	*
Error	9.000	14.217	1.580			
Total, corregido	11.000	29.158				
CV (%)	10.29					
Promedio (g)	15.35					

Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: p>0.05, CV: Coeficiente de variación

La prueba de Tukey al 5% para la ganancia de peso de la etapa crecimiento (Figura 5) indica que el T3 (10% frijol) tiene la mayor ganancia de peso a los 25 días con un promedio de 21.77 g, seguido por el T2 (5% frijol) con una ganancia de 21.49 g, mientras que el T1 (sin frijol) presenta la menor ganancia de peso de 19.32 g.

Figura 5

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable ganancia de peso en la etapa crecimiento (25 días)



5.2.2.3. Etapa engorde (45 días)

Se analizaron los datos recogidos al finalizar cada etapa productiva de las aves para calcular la ganancia de peso de cada tratamiento al concluir la fase de engorde, cuando los pollos alcanzaron los 45 días de edad.

Tabla 15*Peso final y ganancia de peso en la tercera etapa productiva (45 días)*

Tratamientos	Peso inicial (g)	Peso final (g) en 45 días	Ganancia de peso total (g)
T1 (0%)	51.25	2282.95	49.59
T2 (5%)	51.65	2417.23	52.57
T3 (10%)	51.35	2590.99	56.44

Los resultados del análisis de varianza para la ganancia de peso en la etapa de engorde (Tabla 16) muestran que el modelo tiene un efecto significativo en los datos ($F = 6.497$), $p = 0.018$. Lo que indica que al menos una de las variables independientes (tratamientos) tiene un impacto estadístico significativo en el peso final de las aves.

Tabla 16*Análisis de varianza para peso final de la etapa engorde*

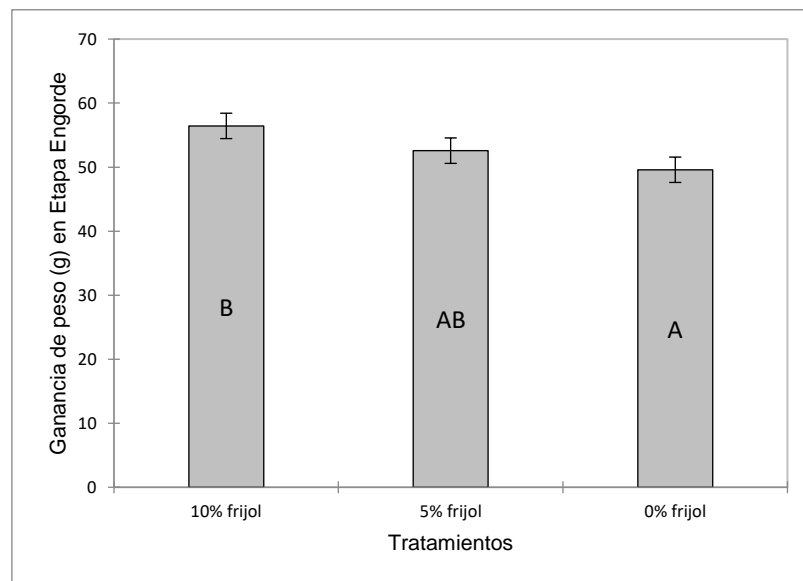
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-values
Modelo	2.000	62.491	31.245	6.497	0.018	*
Error	9.000	43.284	4.809			
Total corregido	11.000	105.775				
CV (%)	11.65					
Promedio (g)	41.29					

Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: $p > 0.05$, CV: Coeficiente de variación

La prueba de Tukey al 5% para la ganancia de peso durante la etapa de engorde (Figura 6) muestra que el T3 (10% frijol) alcanzó la mayor ganancia de peso a los 45 días, con un promedio de 56.44 g, le sigue el T2 (5%) con una ganancia de 52.57 g, mientras que el T1 (sin frijol) tuvo la menor ganancia de peso, con 49.59 g.

Figura 6

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable ganancia de peso en la etapa engorde (45 días)



Los resultados de esta investigación muestran claramente que la inclusión de frijol en la dieta de aves, especialmente durante la fase de crecimiento y engorde, mejora la ganancia de peso y los pesos finales de los pollos. A los 25 días, las aves del grupo T3 alcanzaron un peso promedio de 595.58 g, los del grupo T2 pesaron 587.93 g, y los del grupo T1 tuvieron un peso de 534.18 g. A los 45 días, los pesos fueron 2590.99 g para T3, 2417.23 g para T2, y 2282.95 g para T1. Esto confirma que el frijol de palo tiene un impacto positivo para la ganancia de peso de los pollos en las fases de crecimiento y engorde. Esto se deberá su alto contenido de proteínas, que mejora la digestibilidad y la absorción de nutrientes, permitiendo que los pollos aprovechen mejor su alimento (Parrales, 2021).

Asimismo, Parrales (2021), concluye que la ganancia de peso en pollos puede depender de varios factores, como: la temperatura, la humedad y el manejo de camas. En su investigación, obtuvo una ganancia de peso promedio de 2132,27 g con inclusiones de frijol (0%, 15%, 10%, 5%), siendo menor a la obtenida en esta investigación (22430.39 g). Esto podría deberse a las condiciones ambientales y el manejo de las aves, que también influye en los resultados. Según la investigación de Zambrano y Zambrano (2014) sobre la “Inclusión

de harina de frijol de palo (*Cajuns cajan – L Millsp*) en la alimentación de pollos de engorde y su efecto en los parámetros productivos”, en los diferentes niveles de inclusión de harina de frijol al 5% (2540 g), al 10% (2400 g) y al 15% (2340 g) no muestran cambios significativos en la ganancia de peso hasta la tercera fase de vida del pollo (etapa de engorde).

Además, los resultados por Vera (2011), difieren de los de la presente investigación, debido a que encontraron que la inclusión de frijol en la dieta no tuvo un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en el peso final de los pollos de campo. En su estudio, las aves con un 7% de frijol en la dieta alcanzaron un peso de 1094.24 g en la fase de crecimiento y 1240.0 g en la fase final. Con una inclusión de 10 % de frijol, los pesos fueron de 1477.52 g en la etapa de crecimiento y 1827.5 g en la etapa final.

5.3. Índice de conversión alimenticia

Utilizando los datos recopilados semanalmente de los pesos de las aves, se calculó el índice de conversión alimenticia, teniendo en cuenta que durante los 45 días las aves consumieron 2133.33 g de alimento (Tabla 17).

Tabla 17

Análisis de varianza para índice de conversión alimenticia

Tratamientos	Consumo 45 días (g)	Peso final 45 días (g)	Conversión alimenticia
T1 (0%)	2133.33	2282.95	0.94
T2 (5%)	2133.33	2417.23	0.88
T3 (10%)	2133.33	2590.99	0.83

El análisis de varianza muestra que el modelo es significativo ($Pr > F = 0.019$). Esto significa que hay diferencias significativas en el índice de conversión alimenticia entre los diferentes tratamientos analizados. El estadístico F de 6.312 y el p-valor de 0.019 indican que las diferencias observadas en el índice de conversión alimenticia no son debidas al azar, sino que están influenciadas por los tratamientos aplicados.

Tabla 18

Análisis de varianza para índice de conversión alimenticia

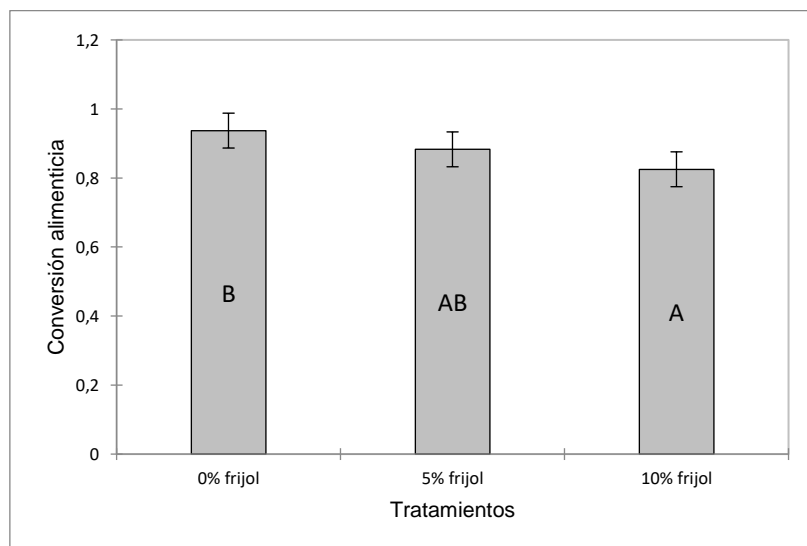
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-values
Modelo	2.000	0.025	0.013	6.312	0.019	*
Error	9.000	0.018	0.002			
Total, corregido	11.000	0.043				
CV (%)	0.23					
Promedio (g)	0.88					

Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: $p > 0.05$, CV: Coeficiente de variación

La prueba de Tukey al 5% para el índice de conversión alimenticia durante los 45 días del experimento (Figura 7) muestra que T1 (sin frijol) tuvo el índice de conversión alimenticia más alto, con un valor de 0.94, le sigue el T2 (5% frijol) con un índice de 0.88, y, finalmente el T3 (10% frijol) con un valor más bajo de conversión alimenticia de 0.83.

Figura 7

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del índice de conversión alimenticia (45 días)



En la presente investigación, se pudo observar que el T3 presentó la mejor CA con un valor de 0.83, seguido de T2 con 0.88, y T1 con 0.94. Estos resultados concuerdan al estudio de Parrales (2021), quien mencionan que los valores más bajos de CA indican una mayor eficiencia en las aves, el valor de CA típica para pollos de engorde es de aproximadamente 0.80 a 2. Lo que significa que se necesitan entre 1.5 a 2 kilogramos de alimento para que el ave gane 1 kg de peso. Por ello, estos datos son similares a los obtenidos en su investigación titulada “Parámetros productivos en pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*).” Dado que sus resultados muestran una CA de 0.89 con inclusión del 5% de frijol, 0.93 con 10% de frijol y 1.02 con un 15% de frijol.

Torres (2021), observó en su investigación que, al aumentar el porcentaje de frijol en la dieta de aves de engorde, se incrementa el porcentaje de Conversión alimenticia: 0% frijol (1,35), 10% frijol (1,44), 15% frijol (1,56), 20% frijol (1,72), estos valores más altos indican una menor eficiencia en la transformación del alimento en peso corporal, lo cual no es rentable para la producción avícola. Con respecto a los resultados de Cáceres y Calle (2024), muestran que el T3 (30% harina de yuca) tuvo una CA de 1.77y el T2 (20% harina de yuca) una CA de 1.80. Por ello, se ha demostrado que la inclusión de frijol en la dieta de los pollos mejora la eficiencia de conversión alimenticia más que otras leguminosas.

5.4. Aprovechamiento de proteína en cada etapa (Análisis bromatológico en heces)

Con las muestras de heces recolectadas al final de cada fase productiva de las aves, se llevó a cabo un análisis bromatológico utilizando el método de Kjeldahl. Esto se realizó para calcular el aprovechamiento de proteína en cada tratamiento, al finalizar las etapas: inicial (10 días), de crecimiento (25 días) y de engorde (45 días).

5.4.1. Etapa inicial

Los resultados del aprovechamiento de proteína, obtenido de las muestras de heces recolectadas al final de la etapa inicial, cuando las aves alcanzaron 10 días de edad, se pueden observar en la Tabla 19.

Tabla 19*Aprovechamiento de proteína en heces a los 10 días*

Tratamiento	Aprovechamiento de proteína (%)
T1 (0%)	1.050
T2 (5 %)	1.006
T3 (10%)	0.765

Los resultados del Análisis de varianza para el aprovechamiento de proteína en la etapa de inicio (Tabla 20) indican que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, ya que el valor F es 0.200 y un valor p es 0.822. Esto sugiere que la variabilidad en el aprovechamiento de la proteína se debe probablemente al azar y no a los tratamientos aplicados.

Tabla 20*Análisis de varianza para índice de aprovechamiento de proteína en la etapa inicial*

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-valores
Modelo	2.000	0.188	0.094	0.200	0.822	ns
Error	9.000	4.222	0.469			
Total, corregido	11.000	4.410				
CV (%)	49.89					
Promedio (g)	0.94					

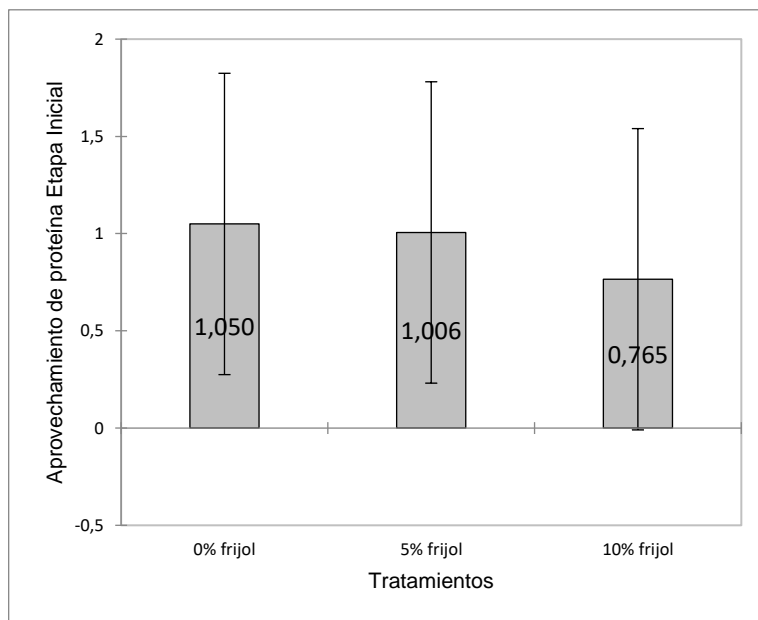
Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: $p > 0.05$, CV: Coeficiente de variación

Los promedios para el aprovechamiento de proteína en la etapa de inicio (Figura 8) muestra que el T1 (sin frijol) reportó el mayor porcentaje de proteína en heces en base seca,

con un valor de 1.050%. Le sigue el T2 (5% frijol) con un porcentaje de 1.006%, y finalmente el T3 (10 % frijol) que tuvo un menor porcentaje de proteína en las heces, con 0.765%.

Figura 8

Comparación múltiple de promedios de la variable aprovechamiento de proteína en heces de la etapa inicial (10 días)



5.4.2. Etapa crecimiento

Los resultados del aprovechamiento de proteína, obtenidos a partir de las muestras de heces recolectadas al final de la fase de crecimiento, cuando las aves cumplieron 25 días de edad, se encuentran en la Tabla 21.

Tabla 21

Aprovechamiento de proteína en heces a los 25 días

Tratamientos	Aprovechamiento de proteína (%)
T1 (0%)	4.286
T2 (5%)	5.4008
T3 (10%)	6.603

El análisis de varianza para el índice de aprovechamiento de proteína en la etapa de crecimiento (Tabla 22) muestra que el modelo no es estadísticamente significativo ($F = 1.440$, $p = 0.287$). Con un p-valor mayor que 0.05, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al aprovechamiento de la proteína. Esto sugiere que las variaciones observadas entre los tratamientos podrían ser debidas al azar y no a un efecto real de los tratamientos aplicados.

Tabla 22

Análisis de varianza para índice de aprovechamiento de proteína en la etapa crecimiento

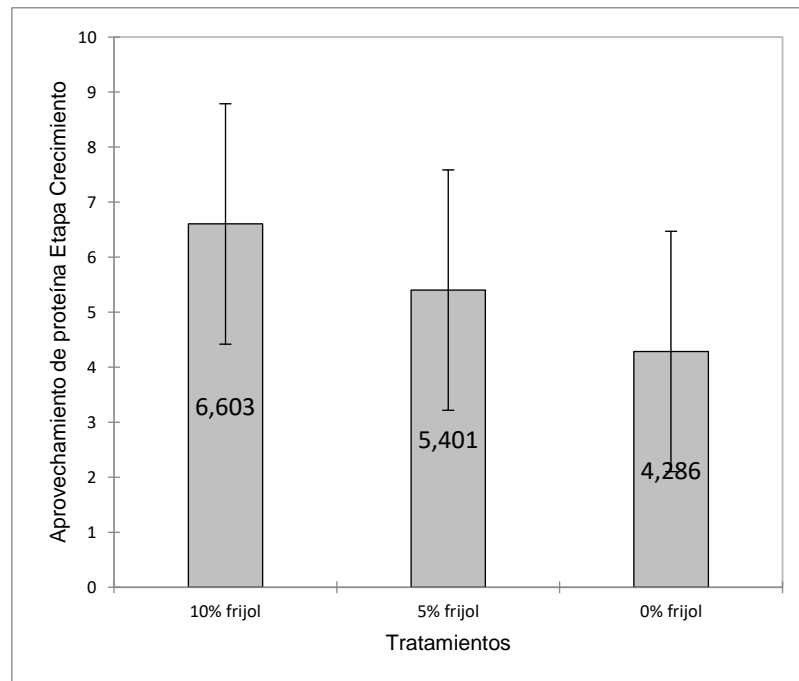
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-values
Modelo	2.000	10.743	5.371	1.440	0.287	ns
Error	9.000	33.570	3.730			
Total, corregido	11.000	44.313				
CV (%)	68.69					
Promedio (g)	5.43					

Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: $p > 0.05$, CV: Coeficiente de variación

Los promedios para el aprovechamiento de proteína en la etapa crecimiento (Figura 9) indica que el T3 (10% frijol) tuvo el mayor porcentaje de proteína en heces en base seca, con un valor de 6.603%, A continuación, el T2 (5% frijol) presentó un porcentaje de 5.4008%, y, por último, el T1 (sin frijol) tuvo el porcentaje más bajo de proteína en heces, con 4.286%.

Figura 9

Comparación múltiple de promedios de la variable aprovechamiento de proteína en heces de la etapa crecimiento (25 días)



5.4.3. Etapa engorde

Los resultados sobre el aprovechamiento de proteína, derivados de las muestras de heces recolectadas al finalizar la fase de engorde, cuando las aves alcanzaron los 45 días de edad, se examinan en la Tabla 23

Tabla 23

Aprovechamiento de proteína en heces a los 45 días

Tratamientos	Aprovechamiento de proteína (%)
T1 (0%)	4.942
T2 (5%)	5.379
T3 (10%)	4.417

El análisis de varianza para el índice de aprovechamiento de proteína en la etapa de engorde (Tabla 24) indica que el modelo no es estadísticamente significativo ($F = 0.276$, $p = 0.765$). Esto sugiere que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al aprovechamiento de la proteína, y que las variaciones observadas probablemente se deben al azar.

Tabla 24

Análisis de varianza para índice de aprovechamiento de proteína en la etapa engorde

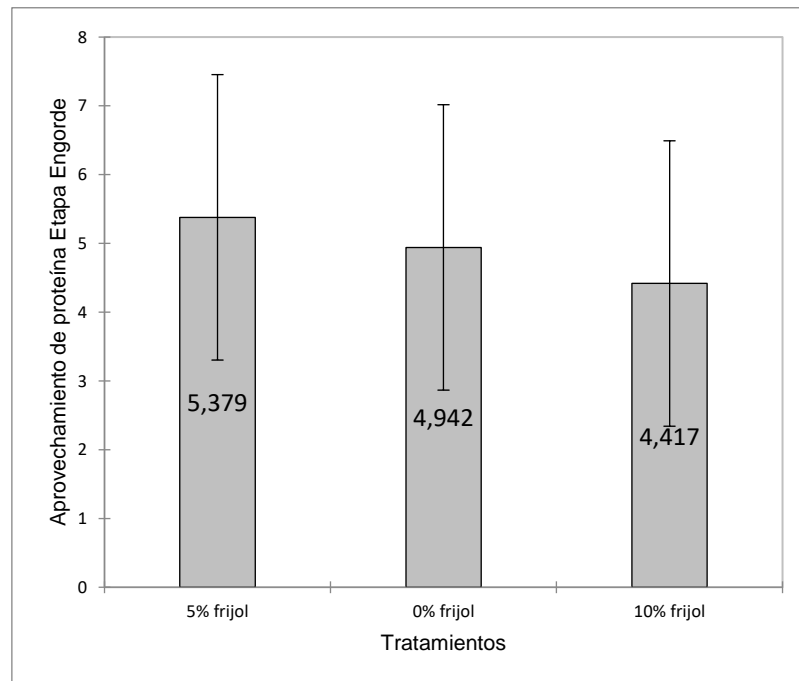
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Código de significado p-values
Modelo	2.000	1.858	0.929	0.276	0.765	ns
Error	9.000	30.288	3.365			
Total, corregido	11.000	32.146				
CV (%)	68.53					
Promedio (g)	4.91					

Nota. GL: Grados de libertad, F: Valor F calculado, Pr > F: $p > 0.05$, CV: Coeficiente de variación

Los promedios para el aprovechamiento de proteína en la etapa de engorde (Figura 10) revela que el T2 (5% frijol) tuvo el mayor porcentaje de proteína en heces en base seca, con un valor de 5.379%. Le sigue el T1 (sin frijol) con un porcentaje de 4.942%, y finalmente, el T3 (10% frijol) presentó el porcentaje más bajo de proteína en heces, con 4.417%.

Figura 10

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable aprovechamiento de proteína en heces de la etapa engorde (45 días)



Los resultados indicaron que, en la etapa inicial, el grupo T1 tuvo mayor porcentaje de proteína en las heces, con un valor de 1.05%. En la etapa de crecimiento el grupo T3 mostró el mayor porcentaje de 6.603%. En la etapa de engorde el grupo T2 arrojó el mayor porcentaje de proteína, con un valor de 5.32%. Esto señala que la proteína que no se absorbió y se excretó en las heces, no se aprovechó eficazmente en la dieta de las aves, debido a que durante las etapas de crecimiento y engorde existe una menor digestibilidad de proteína.

Estos resultados son similares a los de Zambrano (2023), quien observó un incremento en la excreción de proteína en heces de los pollos de engorde criados de forma tradicional: el grupo T1 (5% frijol) alcanzó un valor de 4.5 a los 21 días, y el grupo T2 (10% frijol) obtuvo 5.25 a los 42 días.

Verástegui et al. (2023), quienes encontraron que la adición de leguminosas en la dieta de aves puede aumentar la eficiencia de utilización del nutriente y un mejor

desaprovechamiento de proteína, quien mostró una mayor digestibilidad aparente a los 21 días (6.2%) y 42 días (6.73%). Además, la utilización de frijol de palo como fuente proteica alternativa se alinea con prácticas sostenibles y económicamente viables, al reducir la dependencia de fuentes proteicas convencionales como la soya. Estudios como los de Murillo y Ramírez (2024) resaltan la importancia de diversificar las fuentes de proteína en la alimentación animal para mejorar la resiliencia del sistema alimentario y minimizar impactos ambientales

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- La administración de frijol de palo (*Cajanus cajan*) como fuente de proteína en la dieta de pollos broiler resultó en un aumento significativo en la ganancia de peso. En el caso del grupo T3, donde se suministró 10 % de frijol de palo, se observó una diferencia de peso de 56.44 g, en comparación con el Tratamiento 1 (sin frijol) con 49.59 g, durante un periodo de 45 días. Por otro lado, en el mismo periodo, el grupo T2, que recibió 5% de frijol de palo, mostró un aumento de peso de 52.57 g en relación al tratamiento 1. Estos resultados indican que el grupo T3 experimentó el mayor incremento en ganancia de peso en comparación con los otros tratamientos.
- A los 45 días, el índice de conversión alimenticia manifestó que el grupo T1 (sin frijol) tuvo el valor más alto con 0.94. El grupo T2 (5% frijol) obtuvo un valor de 0.88, mientras que el grupo T3 (10% frijol) alcanzó un valor de 0.83, mostrando una diferencia de 0.05 entre estos dos tratamientos, obteniendo que ambos tratamientos T2 y T3, demostraron una mejor conversión alimenticia en comparación con T1.
- En relación al análisis del aprovechamiento de proteína en heces, se encontró que en la etapa inicial (10 días), el grupo T3 que recibió 10% de frijol, mostró el menor valor con 0.765%. Durante la etapa de crecimiento (25 días), el grupo T1 registró un valor de 4.286%. En la fase de engorde (45 días), nuevamente el grupo T3 tuvo el menor porcentaje, con 4.417%. Esto indica que la adición del 10% de frijol a la dieta de pollos en el grupo T3 mejora el aprovechamiento de proteína en la etapa inicial, y en la fase de engorde, pero no en la de crecimiento.

- La inclusión de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la dieta de pollos broiler resultó en un aumento significativo en la ganancia de peso, especialmente notable en el grupo T3 (10% frijol), en comparación con los otros tratamientos durante un periodo de 45 días. Este resultado es beneficioso para el desarrollo y crecimiento de las aves, además de mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia, lo que es crucial para optimizar la producción de pollos broiler.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la inclusión de frijol de palo en la formulación de dietas comerciales para pollos broiler, especialmente en un 10%, para obtener mayor ganancia de peso semanalmente, ya que se observó que, a partir de los 10 días, incrementó la ganancia de peso, lo que podría ser particularmente beneficioso durante las etapas intermedias y finales de crecimiento de los pollos.

- Basándonos en los resultados, se sugiere considerar el uso de frejol gandul en la dieta de los pollos, especialmente en la fase de engorde, ya que se observó la mayor ganancia de peso en ese grupo.

- Considerando que a los 45 días se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ganancia de peso, se sugiere realizar estudios a más largo plazo para entender mejor cómo el frijol de palo afecta la conversión alimenticia y la ganancia de peso a lo largo de todo el ciclo de producción de los pollos criollos.

- Se recomienda seguir utilizando el frijol de palo en la dieta de las aves, especialmente en un nivel del 10%, ya que este porcentaje demostró la mayor eficiencia en la utilización de proteínas. Dado que las dietas con 10% mostraron un mejor aprovechamiento de la proteína.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, V., & Pazmiño, J. (2023). Melaza de caña de azúcar y su efecto pigmentante y productivo en pollo de engorde COBB 500. *repositorio.espam.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2332>
- Angel, G., Escalona, M., & Baca, J. (2023). Principios y prácticas agroecológicas para la transición hacia una ganadería bovina sostenible. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242023000300696&script=sci_arttext
- Anido, R., & Daniel, J. (2023). Sistemas alimentarios urbanos y su gobernanza, ¿una alternativa viable para Venezuela en el marco de los sistemas agroalimentarios sostenibles? *Agroalimentaria Journal-Revista Agroalimentaria*. Obtenido de <https://ageconsearch.umn.edu/record/338832/>
- Aragundi, S. (2023). Inclusión de harina del frijol Gandul (*Cajanus cajan*), en la alimentación de conejo (Nueva Zelanda) en etapa de crecimiento y engorde. *repositorio.unesum.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5738>
- Arenas, D. (2022). Influencia de la germinación sobre la composición químico-proximal, bioactividad, minerales y propiedades térmicas de lenteja (*Lens culinaris* M.), Arveja (*Pisum sativum* L.) y Frijol de Palo (*Cajanus cajan* L.). *repositorio.unas.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2246>
- Bonilla, J. (2018). Evaluación en los parámetros productivos en aves de engorde utilizando Zeolita y Fitasa a nivel de altura. Cuenca: [Tesis de Grado].
- Bravo, J., & Tenen, E. (2022). Diagnóstico de las condiciones que afectan la calidad en pollitos broiler hasta los cinco días de vida. *repositorio.espam.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1791>
- Buendía, V. (2024). Detección de influenza aviar A (H5) mediante la técnica molecular RT-QPCR en una Colonia De Albatros (PHOEBASTRIA IRRORATA) de la Isla Española, Galápagos–Ecuador. *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27700>
- Cáceres, F., & Calle, J. (2024). Efecto de diferentes dosis de harina y follaje de yuca en la crianza de pollos broiler. *Universidad Estatal de Bolívar*. Obtenido de <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/6726>
- Cambizaca, G. (2023). Efecto de la utilización de lactosuero en el rendimiento productivo de pollos Broiler COBB 500 en el cantón Santiago de Méndez. *dspace.espoch.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/19590>
- Cano, E., Contreras, V., Rodríguez, G., & Rodríguez, F. (2023). Plan de negocio para la exportación de arándano orgánico en la empresa Agropomalca dirigido al mercado americano (EEUU). *repositorio.esan.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.esan.edu.pe/handle/20.500.12640/3626>

- Caseres, E., & Chalan, J. (2023). Estudio de factibilidad previo al desarrollo de una empresa productora de pollos y gallinas criollas. *Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39438>
- Ccana, A. (2023). Comportamiento productivo de dos líneas de pollo, de crecimiento lento en condiciones de altura. *repositorio.unsaac.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8644>
- Cedeño, J., & Gavilánez, L. (2022). Respuesta agronómica de frejol de palo (*Cajanus cajan* L.) con abonos orgánicos. *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8595>
- Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. (2018). INICIO - Estadística del consumo de pollo en Ecuador. Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE); CONAVE. <https://conave.org>
- Cortés, V. (2022). Epidemiología y control de las principales enfermedades avícolas de importancia en sanidad animal y salud pública. *Universitat Politècnica de València*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/184126>
- Cruz, D. (2020). Pasar o no pasar por el tracto digestivo de un ave. Consecuencias para la microbiota endófito de semillas. *ciencia.lasalle.edu.co*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/73/>
- Delgado, D., & Prada, Y. (2022). Efecto de la harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) sobre el desempeño productivo de pollo de engorde. *RIAA*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8479093>
- Delgado, F. (2021). Evaluación de parámetros productivos en crianza de gallinas criollas (gallina feliz). Patoa de Vallejo-Pujilí. *repositorio.utc.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7769>
- Delgado, R., & Franco, B. (2021). *Uso de frejol de palo (Cajanus cajan) como sustituto de la soya para alimentación de pollos de engorde en la finca experimental Los Bajos, 2021*. Manta: [Tesis de grado].
- Dueñas, V. (2023). Inclusion de harina de Canavalia ensiformis (frijol de canavalia) tostada en el desempeño bioeconomico de pollos criollos mejorados en la etapa de acabado. *repositorio.unas.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2691>
- Espinoza, G. (2023). Evaluación de dos fórmulas alimenticias con diferentes niveles de proteínas en pollos broiller en etapa de desarrollo en el centro de gestión, innovación y transferencia de conocimiento “Finca Tigrillo” de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2022. *repositorio.ulead.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/4689>
- Estrada, A. (2022). Mejoramiento de la gestión estratégica a través de una propuesta estructurada de herramientas y métodos para hoteles de la zona urbana del municipio de Guarne. *siawebpr.itm.edu.co*. Obtenido de <http://siawebpr.itm.edu.co/handle/20.500.12622/5637>
- Estupiñan, J. (2023). Estrategias de innovación para mejorar la competitividad en el sector avícola en el área metropolitana de Bucaramanga. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/13724>. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/13724>

- Firman, J. (1993). Nutrient Requirements of Chickens and Turkeys. *Department of Animal Sciences*. Obtenido de <https://extension.missouri.edu/publications/g8352>
- Flores, E. (2018). Identificación y Cuantificación de aminoácidos esenciales en *Vigna unguiculata* (frejol castilla) y *Phaseolus vulgaris* (frejol guinda) por Cromatografía Líquida de Alta Performance (HPLC). *repositorio.uwiener.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/2206>
- Freire, W. (2024). Desarrollo sostenible y estrategias de fortalecimiento comercial en el sector avícola de Tungurahua. *Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40682>
- Ganchala, D. (2022). Utilización de bloques nutricionales con la adición de tres niveles de harina de brócoli (*Brassica oleracea*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) en fase de crecimiento engorde, en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Pujilí, Barrio El Tejar. *repositorio.utc.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8998>
- Garcés, S. (2020). Los costos de producción y la fijación del precio de venta de la Avícola “Los Andes” ubicada en el cantón Patate. *repositorio.uta.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31358>
- García, M. (2021). Aplicación del método NIRS cercano para evaluar los parámetros de calidad nutricional de *Zea mays* L.(maíz) utilizado para alimento balanceado de aves. *repositorio.unsm.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4160>
- García, N. (2024). Respuesta agronómica del fréjol de palo (*Cajanus cajan*) en asociación con poró (*Erythrina* sp), en el centro experimental Sacha Wiwa parroquia Guasaganda. *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11688>
- Giacosa, A. (2023). Gestión de patrones de consumo alimentario para prevenir y controlar enfermedades no transmisibles en la provincia de Buenos Aires. *Universidad Nacional de La Plata*. Obtenido de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/162885>
- Gonzalez, K. (22 de Noviembre de 2018). *Alimentación en pollos de engorde*. Obtenido de ZooVet: <https://zoovetesmpasion.com/avicultura/pollos/alimentacion-del-pollo-de>
- Guevara, C., & Mejía, V. (2023). Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una Planta Productora de Aceite de Frejol de Palo en la Región Lambayeque. *repositorio.uss.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/10702>
- Gutierrez, I., & Saavedra, M. (2020). La asociatividad y su impacto en la producción del frejol de palo. *200.121.226.32*. Obtenido de <http://200.121.226.32:8080/handle/20.500.12840/3932>
- Halos, L. (2023). Monocultivo de la caña de azúcar y su impacto social, ambiental y económico en el valle geográfico del río cauca del municipio de Zarzal, Valle del Cauca 2018-2020. *repository.unad.edu.co*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/60354>
- Herrero, L., Lagüela, E., Capilla, A., Delgado, A., Cerdá, E., Larruga, F., & de Benito, B. (2020). Economía Circular-Espiral: Transición hacia un metabolismo económico cerrado (Vol. 2). Ecobook. *books.google.com*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5RvJDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2>

- 1&dq=producci%C3%B3n+sostenible+de+aves+en+varias+partes+del+globo,+pro
porcionando+informaci%C3%B3n+valiosa+para+enfrentar+los+problemas+ambien
tales+y+sociales+vinculados+a+este+sector&o
- Ibañez, M., Sarabia, J., & Quiñones, A. (2023). Innovación circular en la cadena de valor avícola: un enfoque integral para la reducción de impactos ambientales y Fomento de la Responsabilidad Social Empresarial. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*. Obtenido de <https://camjol.info/index.php/REICE/article/view/17366>
- Intriago, L. (2023). Evaluación de la inclusión de dos fuentes de fosfato dicálcico en dietas de pollos de engorde en la Ciudad de Santo Domingo, Ecuador. *dspace.utb.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13953>
- Jaime, E. (2021). Morfometría en órganos accesorios del tracto gastrointestinal (TGI) en pollos de engorde alimentados con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*). *repositorio.unesum.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3216/1/TESIS%20EVELYN%20JAIME%20Final.pdf>
- Jaramillo, A., & Soto, M. (2022). Determinación de impactos socio ambientales generados por la acción antropogénica en el centro de producción Sacha-Wiwa parroquia de Guasaganda cantón La Maná periodo 2021-2022. *repositorio.utc.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8603>
- Jaramillo, M. (2023). Análisis de puntos clave de los tratados comerciales que Estados Unidos tiene con Colombia y Perú dentro del sector agrícola como guía de lineamientos para el Ecuador. *dspace.uazuay.edu.ec*. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13593>
- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista chilena de nutrición*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182013000200010>
- Jingo, D. (2023). Creación de una empresa para la comercialización de productos cárnicos en el Barrio Santa Rosa del Tejar, parroquia San Francisco, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Ecuador. *repositorio.utn.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13670>
- Lacho, R. (2021). Evaluación de una vacuna recombinante HVT-IBDV contra la enfermedad de gumboro en pollos SPF. *repositorio.unica.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.unica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13028/3538/evaluacion%20de%20una%20vacuna%20recombinante%20hvt-ibd%20contra%20la%20enfermedad%20de%20gumboro%20en%20pollos%20spf.pdf?sequence=1>
- Lage, A. (2023). Efecto de diferentes estrategias de producción y manejo en la calidad de la canal de los pollos de engorde. *minerva.usc.es*. Obtenido de <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/31478>
- Lema, L. (2022). Evaluación económica de gallinas ponedoras en dos periodos de producción en la granja avícola Damiancito. *dspace.epoch.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/19162>

- Lindao, E. (2023). Análisis sobre la rentabilidad de la producción y comercialización de la codorniz en la región Costa del Ecuador. *UTB*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14946>
- López, V. (2024). Estrategias de sostenibilidad y el impacto ambiental en las industrias de manufactura del Ecuador. *repositorio.uta.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/41286>
- López, R., & Mora, J. (2023). Harina de algarrobo (*Prosopis Pallida*) sobre la digestibilidad y metabolismo in vivo en pollos broiler en etapa inicial. *edu.ec*. https://repositorio.espan.edu.ec/bitstream/42000/2115/1/TIC_AI33D.pdf
- Lucas, M. (2021). Morfometría del tracto gastrointestinal (TGI) en pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de fríjol de palo (*Cajanus cajan*). *repositorio.unesum.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3371/1/Maria%20Lucas%20PinMorfometr%C3%ADa%20del%20tracto%20gastrointestinal%20%28TGI%29%20en%20pollos%20de%20engorde%20alimentados%20parcialmente%20con%20h.pdf>
- Lumivero. (2024). *XLSTAT statistical and data analysis solution*. <https://www.xlstat.com/es>
- Navarro, C., Restrepo, D., & Perez, J. (3 de Febrero de 2014). *EL GUANDUL (Cajanus cajan) UNA ALTERNATIVA EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a22.pdf>
- Matos, A. (2022). Efecto de la mezcla de trigo (*Triticum aestivum*), quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) y moringa (*Moringa oleifera*) en las características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas en la producción de galletas fortificadas. *repositorio.unheval.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8507>
- Méndez, M. (2022). Desarrollo de un modelo agrícola de cadena de valor para la reactivación de la economía de la junta auxiliar de Encrucijada Puebla. *repositorio.iberopuebla.mx*. Obtenido de <http://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/5457>
- Moreno, F., Ton, A., Rosa, C., & de Freitas, L. (2021). Uso de insectos como alternativa en la nutrición avícola: revisión. *Research, Society and Development*. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13274>
- Murillo, R., & Ramírez, C. (2024). Propuesta de mejoramiento de proceso de compras y almacenamiento en la gestión de la cadena de abastecimiento de insumos avícolas de la granja “Maleja” en la zona rural de Santa Marta. *repositorio.uan.edu.co*. Obtenido de <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/9365>
- Panduro, N. (2023). Inclusión de diferentes niveles de harina de orujo de cervecería en la ración para pollos de carne en la fase de acabado, en trópico. *repositorio.unas.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2376>
- Parrales, J. (2021). *Parámetros productivos en pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de*. Jipijapa: [Tesis De Grado].

- Parrales, J. (2021). Parámetros productivos en pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*). *repositorio.unesum.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3372/1/PARRALES%20VASQUEZ%20JOYCE%20-tesis.pdf>
- Pazmiño, C. (2023). Manejo productivo y comercial del pavo (*Meleagris gallopavo*). *dspace.utb.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15040>
- Pérez, J., Arribas, C., del Mar, M., & Mur, L. (2021). Evaluación del color en pollo amarillo tipo broiler. *zaguan.unizar.es*. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/97707>
- Picón, J., Barboza, E., Obando, L., & Lara, A. (2022). Desarrollo sostenible y turismo en Mesoamérica y Caribe: apuntes para la orientación de estudios de posgrado. *repositorio.una.ac.cr*. Obtenido de <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/23549>
- Poisot, M. (2020). Aportes para la transición agroecológica de un sistema alimentario local, el caso de la comunidad "El Bejucal" en México. *Universidad Internacional de Andalucía*. Obtenido de <https://dspace.unia.es/handle/10334/5808>
- Porras, S., Rodríguez, N., & Zambrano, B. (2022). Sistemas agroecológicos de producción como alternativa de mitigación sobre los impactos socioambientales de las Veredas La Requilina y El Uval de Usme. Estudio de caso. *repository.udistrital.edu.co*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29389>
- Quiñonez, I. (2023). Uso de diferentes formulaciones para evaluar el rendimiento productivo de pollos Broiler Cobb 500 en el Cantón Urdaneta. *dspace.utb.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14809>
- Quishpe, C. (2024). Evaluación de tres niveles de adición de chayote (*sechium edule*) para la producción en pollos de engorde. *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11985>
- Ramírez, A. (2021). Bioaccesibilidad de elementos inorgánicos en leguminosas y potitos ecológicos de base vegetal. *helvia.uco.es*. Obtenido de <https://helvia.uco.es/handle/10396/21437>
- Reyes Domo, E. (2020). Plan Estratégico de innovación en el área de producción para mejorar la rentabilidad económica de la Industria Avícola GENETSA del cantón Montecristi. *204.199.82.243*. <http://204.199.82.243:8080/handle/123456789/1157>
- Rodríguez, M. (2022). Potencial de las harinas compuestas y su comportamiento reológico y sensorial en panificación. *repository.unad.edu.co*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54375>
- Romero, C. (2024). Diseño de un sistema para la automatización de un galpón de pollo broiler en la etapa inicial con la aplicación de tecnología Arduino. *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10885>
- Santa Cruz, E. (2022). Inclusión de harina de pulpa de naranja (*Citrus Sinensis*) en raciones para aves criollas machos mejorados, en la etapa de acabado-Tingo María. *repositorio.unas.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2492>
- Santa, E. (2022). Inclusión de harina de pulpa de naranja (*Citrus Sinensis*) en raciones para aves criollas machos mejorados, en la etapa de acabado-Tingo María.

- repositorio.unas.edu.pe*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2492>
- Simbaña, L., & Ortiz, M. (2021). Uso de un probiótico (*Bacillus subtilis* sp.), en la alimentación de pollos broilers, en zonas de altura. *repositorio.espe.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35893/1/IASA%20I-TT-0024.pdf>
- Solis, G. (27 de Junio de 2022). *Bases de la nutrición del pollo en la fase de preinicio*. Obtenido de Engormix: https://www.engormix.com/avicultura/iniciadores-aves/bases-nutricion-pollo-fase_a50431/
- Solis, V. (2022). Las mermas en la producción y la determinación del impuesto a la renta en la empresa Avícola YemaSol Cía. Ltda. *repositorio.uta.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35327>
- Solórzano, L. (2023). Aporte nutricional de *Tithonia diversifolia*, *Canavalia*, *ensiformis*, *Cajanus cajan*, como banco de proteína en la alimentación caprina. *repositorio.ulead.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/4648>
- Torres, M. (2021). Configuración de conocimientos campesinos en procesos de transición agroecológica en la Región Andina, Colombia. *repositorio.unal.edu.co*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82867>
- Trujillo, L. (2023). Innovación de productos en la minimización de residuos y mejoramiento productivo de una Empresa de la Industria Cárnica. *repositorio.utn.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13432>
- Valencia, J., & Carmenates, O. (2022). Capacitación a los actores comunitarios: necesidad para garantizar una cultura agraria y sostenible en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000500451&script=sci_arttext&tlng=en
- Vega, M. (2024). Universidad Técnica de Cotopaxi. *Evaluación de productos naturales para la producción de pollos broiler en la parroquia Juan Montalvo, cantón Latacunga*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11698>
- Vera, V. (2011). Niveles de harina de hojas de gandul (*Cajanus cajan*) en la alimentación de pollos criollos mejorados. *repositorio.uteq.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2173>
- Verastegui Cordova, F. V., Gallardo Vela, C., & Espinoza Rojas, C. L. (2023). Uso de tierra de diatomeas sobre el tiempo de tránsito intestinal, digestibilidad aparente, morfometría ósea y humedad de cama de pollos de engorde. *Revista de investigaciones veterinarias del Peru*, 34(6), e24686. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i6.24686>
- Villagómez, C. (17 de Mayo de 2018). Vacunación en Pollos de Engorde. Obtenido de BMEDITORES: <https://bmeditores.mx/avicultura/vacunacion-en-pollos-deengorde-1343/>
- Vivanco, S. (2022). Estudio del Comportamiento Agronómico de 5 Ecotipos de Frijol en cuatro Densidades de Siembra en Condiciones de Sierra Central del Perú. *repositorio.unh.edu.pe*. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/5113>

- Yauris, G. (2021). Principales factores que determinan la calidad visual de las carcasas de pollo en plantas de beneficio. *cybertesis.unmsm.edu.pe*. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16789>
- Zambrano, M. (2023). Importancia del uso de la harina de lombriz en la alimentación de pollos de engorde. *dspace.utb.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15298>
- Zamora, O. (2023). Identificación de rizobios en las leguminosas *Clitoria* sp. y *Cajanus cajan* en dos zonas productivas de la provincia de Santa Elena. *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9750>
- Zambrano, R., & Zambrano, J. (2014). *Inclusión de frejol de harina de palo (cajanus cajan - L, miels) en el alimento de pollos de engorde y su efecto en parámetros productivos*. Ecuador: [Tesis de grado].

ANEXOS

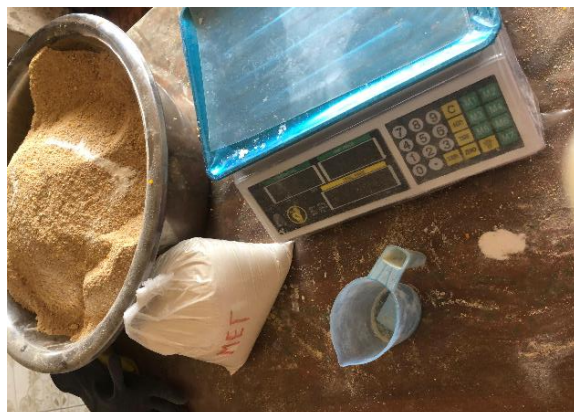
ANEXO 1. FASE DE CAMPO



Fotografía 1. Construcción del galpón



Fotografía 2. División de unidades experimentales



Fotografía 3. Elaboración de balanceado



Fotografía 4. Limpieza y desinfección del galpón



Fotografía 5. Recepción de las aves



Fotografía 6. Vacunación a los pollitos



Fotografía 7. Suministro de alimento y agua

Fotografía 8. Pesaje semanal de aves

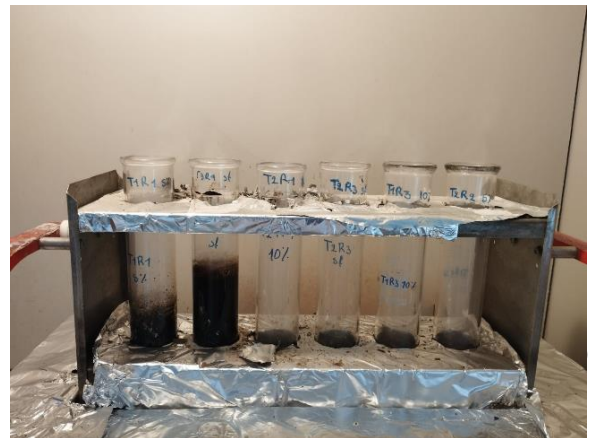
ANEXO 2. FASE DE LABORATORIO



Fotografía 9. Recolección de heces



Fotografía 10. Muestras en estufa





Fotografía 11. Aplicación de pastilla catalizadora y ácidos en la muestra **Fotografía 12.** Muestras en el digestor



Fotografía 13. Destilado de muestras

Fotografía 14. Titulación de muestras

ANEXO 3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE FRIJOL DE PALO PARA LA ELABORACIÓN DEL ALIMENTO

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9
	INFORME DE ENSAYO N°:24-0023		

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Srta. Nayeli Milena Quilismal Fuertes
****DIRECCION:** TULCAN / CARCHI
FECHA DE EMISION: 20/02/2024
FECHA DE ANALISIS: Del 09 al 20 de febrero del 2024
ANÁLISIS SOLICITADOS: Proximal, Energía Digerible

****INSTITUCION:** PARTICULAR
****ATENCIÓN:** Srta. Nayeli Milena Quilismal Fuertes
FECHA DE RECEPCION.: 09/02/2024
HORA DE RECEPCION: 13H48

RESULTADO DE ANALISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Frijol Guandú,	24-0136	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	10,73	%
CENIZAS [□]	Frijol Guandú,	24-0136	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	5,25	%
EXTRACTO ETereo (EE) [□]	Frijol Guandú,	24-0136	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	1,33	%
PROTEINA [□]	Frijol Guandú,	24-0136	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	20,07	%
FIBRA [□]	Frijol Guandú,	24-0136	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	10,86	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITROGENO E.L.N.	Frijol Guandú,	24-0136	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	62,48	%
ENERGÍA DIGERIBLE	Frijol Guandú,	24-0136	MO-LSAIA-14	U. FLORIDA 1974	2,58	Mcal/Kg

ANEXO 4. FASE DE DATOS

	Tratamientos	Repeticiones	GANANCIA DE PESO SEMANAL						
			Ganancia 7	Ganancia 14	Ganancia 21	Ganancia 28	Ganancia 35	Ganancia 42	Ganancia 45
Sin frejol	1	1	132.60	298.00	457.00	582.90	755.00	1783.65	2487.80
	1	2	126.00	272.60	458.60	519.60	722.00	1506.50	2140.90
	1	3	118.00	260.00	444.00	500.40	736.00	1612.55	2285.70
	1	4	129.78	304.60	480.80	533.80	816.00	1705.80	2217.40
5%	2	1	131.20	283.00	505.50	603.10	838.00	1921.05	2429.15
	2	2	131.60	298.80	480.20	584.80	766.00	1842.80	2366.25
	2	3	126.00	264.00	400.00	572.10	635.00	1745.95	2380.65
	2	4	123.20	273.60	431.60	591.70	718.00	1889.00	2492.85
10%	3	1	132.20	290.80	478.80	643.10	808.00	2321.05	2739.95
	3	2	121.20	266.60	412.40	536.35	693.00	2008.85	2412.60
	3	3	128.80	299.60	442.60	581.25	702.00	2054.75	2652.25
	3	4	134.00	285.00	474.60	621.60	735.00	2198.25	2559.15

GANANCIA DE PESO FINAL DE CADA ETAPA		
Ganancia total Ini 10	Ganancia total Cre 25	Ganancia total Engo 45
13.82	15.69	42.33
13.68	13.24	36.03
13.22	12.70	39.67
14.74	13.46	37.41
14.32	16.33	40.58
14.10	15.63	39.59
12.57	15.86	40.19
12.92	16.42	42.25
14.56	17.81	46.60
13.70	13.97	41.69
13.22	15.91	46.02
14.12	17.14	43.06

ANÁLISIS BROMATÓLOGICO DE CADA ETAPA		
Análisis Ini	Análisis Cre	Análisis Engo
0.61	2.19	5.42
0.09	4.55	4.37
0.87	4.72	6.12
2.62	5.69	3.85
0.87	8.13	6.12
1.05	1.75	5.25
0.79	7.26	5.77
1.31	4.46	4.37
0.44	6.03	3.76
1.31	5.86	7.17
0.70	7.44	6.12
0.61	7.08	0.61

CONVERSIÓN ALIMENTICIA SEMANAL						
Conver 7	Conver 14	Conver 21	Conver 28	Conver 35	Conver 42	Conver 45
1.81	1.77	1.93	2.20	2.19	1.10	0.86
1.90	1.93	1.93	2.46	2.30	1.30	1.00
2.03	2.03	1.99	2.56	2.25	1.22	0.93
1.85	1.73	1.84	2.40	2.03	1.15	0.96
1.83	1.86	1.75	2.12	1.98	1.02	0.88
1.82	1.76	1.84	2.19	2.16	1.07	0.90
1.90	2.00	2.21	2.24	2.61	1.13	0.90
1.95	1.93	2.05	2.16	2.31	1.04	0.86
1.82	1.81	1.85	1.99	2.05	0.85	0.78
1.98	1.98	2.14	2.39	2.39	0.98	0.88
1.86	1.76	2.00	2.20	2.36	0.96	0.80
1.79	1.85	1.86	2.06	2.25	0.89	0.83