



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS PROYECTO DE DESARROLLO

**Título:**

---

**Estudio de digestibilidad de nutrientes en pollos de carne  
alimentados con diferentes fuentes de fibra**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magíster en Ciencias  
Veterinarias

**Autor:**

Real Nuñez Henry Leonardo

**Tutor:**

Herrera Herrera Rocio del Carmen MSc.

**LATACUNGA –ECUADOR**

**2024**

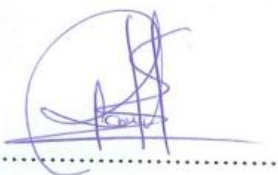
## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Estudio de digestibilidad de nutrientes en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra” presentado por Real Nuñez Henry Leonardo para optar por el título Magíster en Ciencias Veterinarias.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, octubre, 19, 2024



Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

CC:110381326-5

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación: Estudio de digestibilidad de nutrientes en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Ciencias Veterinarias. El trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, noviembre, 8, 2024



.....  
PhD. Edilberto Chacón Marcheco

CI. 1756985691

Presidente del tribunal



.....  
MSc. Lucia Monserrath Silva Déley

CC.0602933673

Lector 2



.....  
MSc. Chicaiza Sánchez Luis Alonso

CC. 0501308316

Lector 3

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación dedico a mi esposa Yolanda Hidalgo, mis hijas Sofia Real y Paula Real Hidalgo y mi Madre Silvia Nuñez que son mi pilar fundamental de mi vida las únicas que están junto a mi apoyándome en mis éxitos o fracasos están junto a mí en mi diario vivir.

Henry Leonardo Real Nuñez

## **AGRADECIMIENTO**

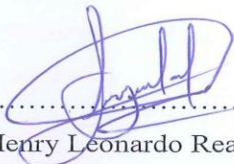
Agradecimiento a mi Niñito Jesús que se encuentra en mi casa y me escucha todas mis plegarias que bendice mi hogar también agradecer a la Dra. Rocío Herrera por la ayuda en la tesis

Henry Leonardo Real Nuñez

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, octubre, 10, 2024



Henry Leonardo Real Nuñez

CC.: 1804637427

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, octubre, 10, 2024

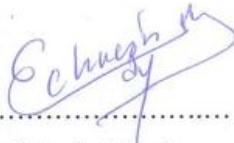


Henry Leonardo Real Nuñez  
CC.: 1804637427

## **AVAL DEL PRESIDENTE**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación “Estudio de digestibilidad de nutrientes en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del Tribunal en la predefensa.

Latacunga, noviembre, 8, 2024



.....  
PhD. Edilberto Chacón Marcheco

CI. 1756985691

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**Título: Estudio de digestibilidad de nutrientes en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra**

**Autor:** Real Nuñez Henry Leonardo

**Tutor:** Herrera Herrera Rocío del Carmen

**RESUMEN**

La digestibilidad de nutrientes permite optimizar y mejorar la conversión alimenticia y los rendimientos productivos en aves, por lo que existe la necesidad de evaluar alternativas alimenticias que cubran los requerimientos nutricionales de las mismas. El objetivo general de la siguiente investigación fue determinar la digestibilidad de nutrientes en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra. Para el desarrollo de la investigación se emplearon 64 pollos de la línea Cobb 500 de 42 días de edad, con un peso promedio de 7075g, se asignaron de forma aleatoria a cuatro tratamientos incluyendo diferentes fuentes de fibra T1: control, T2: 18% de afrecho de trigo, T3:18% cascarilla de arroz y T4:18% de palmiste. Las dietas se formularon considerando los requerimientos nutricionales de la Línea de pollos Cobb 500. Se aplicó un diseño completamente al azar. Las variables estudiadas fueron digestibilidad de materia seca, materia orgánica, fibra cruda, grasa cruda, proteína cruda. Los datos fueron analizados en el paquete estadístico Infostat mediante un análisis de varianza, en el cual se tomaron como principales factores de variación las fuentes de fibra y para comparación de medias la prueba de Tukey. Los resultados presentaron diferencias estadísticas,  $p < 0,05$  para materia seca materia orgánica y fibra cruda, mostrando un mayor porcentaje de digestibilidad con la inclusión de 5% de afrecho de trigo con 80,3; 67,00; 15,06% respectivamente; mientras que para proteína cruda  $p = 0,181$  y grasa cruda  $p = 0,281$ , no se mostró diferencia entre tratamientos. Se concluye que la inclusión de fuentes de fibra en la dieta de pollos de carne muestra porcentajes digestibilidad de nutrientes aceptables.

**PALABRAS CLAVE:** Aves; digestibilidad; fibra; grasa; materia seca; proteína

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**Title: NUTRIENT DIGESTIBILITY STUDY IN BROILER CHICKENS  
FED WITH DIFFERENT FIBER SOURCES.**

**Author:** Real Nuñez Henry Leonardo

**Tutor:** Herrera Herrera Rocío del Carmen

**ABSTRACT**

Nutrient digestibility allows to optimize and improve feed conversion and productive performance in birds, so there is a need to evaluate food alternatives that cover their nutritional requirements. The general objective of the following research was to determine the nutrient digestibility in broiler chickens fed with different sources of fiber. For the development of the research, 64 chickens of the Cobb 500 line of 42 days of age were used, with an average weight of 7075 g, they were randomly assigned to four treatments including different sources of fiber T1: control, T2: 18% wheat bran, T3: 18% rice husk and T4: 18% palm kernel. The diets were formulated considering the nutritional requirements of the Cobb 500 chicken line. A completely randomized design was applied. The variables studied were dry matter digestibility, organic matter, crude fiber, crude fat, crude protein. The data were analyzed in the statistical package Infostat by means of a variance analysis, in which the fiber sources were taken as the main variation factors and the Tukey test was used to compare means. The results presented statistical differences,  $p < 0,05$  for dry matter, organic matter and crude fiber, showing a higher percentage of digestibility with the inclusion of 5% of wheat bran with 80.3; 67.00; 15.06% respectively; while for crude protein  $p = 0.181$  and crude fat  $p = 0.281$ , there was no difference between treatments. It is concluded that the inclusion of fiber sources in the diet of broilers shows acceptable nutrient digestibility percentages.

**KEYWORD:** Poultry; digestibility; fiber; fat; dry matter; protein.

Verónica Alejandra Espinosa Herrera con cédula de identidad número: 0550305007. Licenciada en: Pedagogía del Idioma Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1010-2023-2733481; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Estudio de digestibilidad de nutrientes en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra de: Henry Leonardo Real Nuñez, aspirante a magister en Ciencias Veterinarias

Latacunga, octubre, 16, 2024

Verónica Espinosa

Verónica Alejandra Espinosa Herrera

0550305007

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INFORMACIÓN GENERAL:.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Justificación.....	2
Planteamiento del problema.....	3
Hipótesis o preguntas de investigación .....	4
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
1.1. Fisiología digestiva del ave .....	5
1.2. Fibra.....	7
1.2.1. Fibra dietética.....	8
1.2.2. Efecto antinutritivo de la fibra dietética en alimentación de las aves .....	9
1.2.3. Efecto de la fibra en el microbiota intestinal .....	10
1.3. Métodos gravimétricos para la evaluación de nutrientes .....	11
1.3.1. Digestibilidad de materia seca (MS).....	11
1.3.2. Digestibilidad de materia orgánica (MO) .....	11
1.3.3. Digestibilidad de grasa cruda (GC).....	12
1.4. Fuentes de fibra .....	13
1.4.1. Afrecho de trigo .....	13
1.4.2. Cascarilla de arroz.....	14
1.4.3. Palmiste .....	15
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1 Enfoque y Tipo de la investigación:.....	17
2.2 Ubicación de la investigación.....	17

2.3	Población y muestra .....	18
2.4	Instalaciones .....	19
2.5	Dietas experimentales.....	19
2.6	Descripción de los tratamientos.....	20
2.7.	Diseño experimental.....	21
2.8.	Variables de estudio .....	21
2.9.	Procesamiento y análisis de la información .....	22
2.10.	Consideraciones éticas .....	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		24
3.1.	Análisis de la digestibilidad de nutrientes .....	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		32
CONCLUSIONES .....		32
RECOMENDACIONES .....		33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		34
ANEXOS.....		40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tracto digestivo de un pollo .....	5
---	---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites de inclusión de afrecho de trigo en la alimentación de pollos (%) ...	14
Tabla 2 Composición química del afrecho de trigo (%) .....	14
Tabla 3 Composición química de la cascarilla de arroz (%).....	15
Tabla 4. Límites máximos de incorporación de palmiste en la alimentación de pollos (%).....	16
Tabla 5 Composición química del palmiste (%) .....	16
Tabla 6 Descripción de los tratamientos .....	20
Tabla 7 Digestibilidad de nutrientes .....	25

## **INFORMACIÓN GENERAL:**

<b>Título del Trabajo de Titulación:</b>	ESTUDIO DE DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES EN POLLOS DE CARNE ALIMENTADOS CON DIFERENTES FUENTES DE FIBRA
<b>Línea de investigación:</b>	Producción y biotecnología animal
<b>Proyecto de investigación asociado:</b>	Recursos Zoogenéticos Locales, conservación y desarrollo sostenible
<b>Grupo de Investigación:</b>	Biodiversidad y Conservación Animal

## **INTRODUCCIÓN**

La avicultura es una actividad que se ha desarrollado desde hace muchos años, el crecimiento demográfico y el incremento de las poblaciones generando una gran demanda de este producto cárnico, lo que ha conllevado que la industria avícola mejore las genética e implemente tecnologías que permitan potencial el rendimiento bajo condiciones que garanticen el bienestar animal (1). La alimentación representa alrededor del 70% del rubro de la producción, la escase y los altos precios en la mayoría de sus importaciones de las materias primas para la elaboración de las dietas han generado el incremento del costo del producto final, lo que conlleva a buscar alternativas de fuentes principalmente fibra que contribuyan a disminuir costos y mejorar parámetros productivos (2).

La inclusión de fibra en la alimentación de aves estimula el microbiota intestinal y mejora la motilidad intestinal, lo cual permitirá mejorar la digestión. La fibra dietética es un componente intrínseco de los cereales y las semillas oleaginosas que se utilizan en la formulación de dietas para pollos de engorde y aves de corral. Tanto los componentes de fibra soluble como insoluble tienen efectos directos en la morfología intestinal, el crecimiento de los órganos, la utilización de nutrientes y la modulación de la microflora, en diferentes grados (3).

La digestibilidad de nutrientes dependerá de factores como fuente y la calidad de fibra en la dieta. La fibra de buena calidad puede mejorar la digestibilidad de ciertos nutrientes al incrementar la retención de estos en el tracto digestivo. Sin embargo, un exceso de fibra mal digerible o de baja calidad pueden disminuir la absorción de nutrientes esenciales como proteínas y minerales. De acuerdo a ello, se encontró que se puede incluir en niveles menores del 3% para mejorar la respuesta inmune de las aves, incremento de las vellosidades intestinales, además de que regula la respuesta inflamatoria del intestino (4).

En el caso de fuentes de fibra como el afrecho de trigo, el palmiste y la cascarilla de arroz, cada una presenta ventajas que influyen en la salud y rendimiento de las aves. El afrecho de trigo contiene una buena cantidad de fibra soluble que ayuda a mejorar el tránsito intestinal y salud digestiva en general. Esta fibra puede ser fermentada en el intestino grueso, lo cual favorece la producción de ácidos grasos de cadena corta, aportando con algo de proteína y energía al ave (5).

La cascarilla de arroz contiene fibra dietética en forma de celulosa y hemicelulosa, que puede ayudar en la digestión y en el control de peso de las aves. Aunque es rica en fibra, no aporta muchos nutrientes adicionales y puede actuar como un complemento en la dieta de los pollos, por lo cual debe combinarse con otras fuentes que mejoran la absorción de proteínas y minerales (6).

El palmiste puede ser de tipo soluble e insoluble y proporciona beneficios para la salud intestinal y la regulación del tránsito digestivo, su función mecánica en el tracto intestinal es valiosa para mejorar la salud digestiva del ave. Además de su contenido en fibra, el palmiste aporta grasas y proteínas, lo cual beneficia la dieta de algunas aves, especialmente las que tienen necesidades nutricionales específicos (7).

### **Justificación**

La avicultura tiene un futuro alentador en el Ecuador puesto que en los últimos años ha alcanzado una gran aceptación de los productos de esta actividad tales como la carne y el huevo, la demanda de estos productos tiene relación con su contribución nutricional y la asequibilidad de su precio (8).

Actualmente la crianza de forma intensiva de pollos está condicionada por varios factores como la mejora genética de los animales con respecto a su velocidad de crecimiento, el aprovechamiento del alimento y la creciente intensificación de la crianza lo que genera un aumento de la densidad en granja, exigiendo una mejora en el manejo (9).

Lamentablemente en el sector avícola los gastos en la alimentación constituyen el mayor valor de los costos totales de producción. Así, algunos nutricionistas han enfocado sus investigaciones en las exigencias nutricionales para la elaboración de dietas balanceadas con mayor rentabilidad sin afectar de manera negativa los parámetros zootécnicos ni la calidad de la carne de las aves (10).

El uso eficiente de las fuentes de fibra depende de factores como el tipo de fibra, el nivel de inclusión, el tamaño de partícula y la formulación de la dieta (3). Cada fuente de fibra presenta características específicas respecto a la solubilidad y digestibilidad. Al emplear varias fuentes, como el afrecho de trigo, el palmiste y la cascarilla de arroz, se puede obtener resultados acerca de cómo influye en el tránsito intestinal, y en la absorción de nutrientes. De igual forma se busca identificar cual de ellas proporciona mayores beneficios al ave, y así poder recomendar dietas adaptadas a diversas circunstancias o necesidades productivas.

### **Planteamiento del problema**

Actualmente la producción avícola en el Ecuador es una de las actividades productivas más significativas de la economía ecuatoriana, dicha actividad principalmente se fundamenta en dos segmentos productivos, que son: la producción de carne de pollo y la de huevo comercial; entre estas dos actividades pecuarias, sobresale muy por encima la crianza de pollos para el consumo de carne, considerando que se trata de una de las proteínas más utilizadas dentro de la alimentación en nuestro país (11).

Esta actividad se ha convertido en una fuente de trabajo muy rentable para las personas que se dedican a esta actividad. La crianza de pollo de carne representa uno de los ingresos económicos de muchas familias ecuatorianas, sin embargo, últimamente se ha visto afectada por la insuficiente ganancia de peso y un balance económico negativo debido a que se emplea alimento balanceado que se ha

elaborado en base a materias primas convencionales que representan altos costos, ya que compiten con la alimentación de otras especies pecuarias y la alimentación humana (12).

El desconocimiento sobre nuevas fuentes alimenticias basadas en fibra en la nutrición de los pollos ha limitado el desarrollo de dietas más equilibradas y saludables. Tradicionalmente, las fuentes de fibra en la avicultura, como los granos y subproductos, se han asociado con varios problemas, como altos contenidos de micotoxinas y dilución de la dieta en términos de energía, lo que genera cierta resistencia a explorar nuevas alternativas (13).

En la crianza de las aves, la alimentación representa el 65 y el 70% de los costos de producción, por lo cual es necesario evaluar diferentes alternativas alimenticias que se encuentran accesibles en el medio. De esta forma, el afrecho de trigo, la cascarilla de arroz y el palmiste representan una alternativa viable en la sustitución parcial de la dieta para pollos, al ser incluida como materia prima no convencional, debido a las posibilidades de adaptación al medio, garantizando la máxima productividad con el menor costo posible (2).

### **Hipótesis o preguntas de investigación**

La inclusión de diferentes fuentes de fibra en la dieta de pollos de carne podría influir de manera significativa en la digestibilidad de los nutrientes, mejorando o disminuyendo su absorción de acuerdo a la cantidad y tipo de fibra utilizada.

### **Objetivo General**

Determinar el efecto de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de nutrientes en pollos de carne para optimizar su rendimiento y aprovechamiento nutricional.

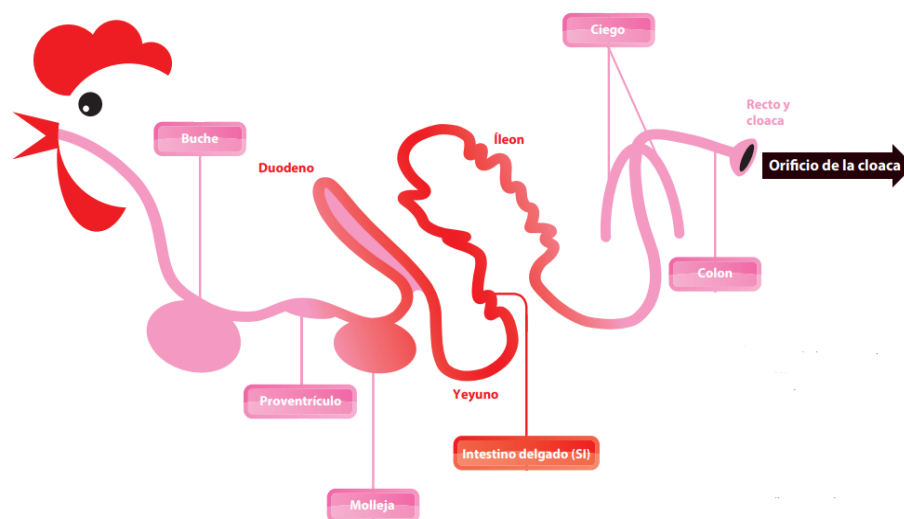
### **Objetivos Específicos**

- Estudiar el porcentaje de digestibilidad de materia seca y materia orgánica en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra.
- Analizar el efecto de la fibra sobre la digestibilidad de proteína, fibra y grasa cruda en pollos de carne

## CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. Fisiología digestiva del ave

El sistema digestivo de las aves comprende una serie de segmentos, que incluyen la boca, el esófago, el buche, el proventrículo, la molleja, el intestino delgado, los ciegos, el intestino grueso y finaliza en la cloaca, además de contar con órganos accesorios como el páncreas y el hígado. Su función principal radica en procesar, ingerir y descomponer los alimentos, convirtiéndolos en nutrientes que el organismo puede absorber y llevar a los tejidos a través de la circulación sanguínea. Este sistema, debido a su tamaño, proporciona una amplia área de contacto con el entorno exterior, ya que sirve como punto de entrada para diversos agentes que pueden tener un impacto significativo en la salud, la respuesta inmunológica y la economía en la avicultura. De hecho, aproximadamente el 75% del sistema inmunológico del ave se concentra en el tracto gastrointestinal para abordar esta importancia (14).



**Figura 1. Tracto digestivo de un pollo.**

**Fuente: (15)**

El alimento ingresa al sistema digestivo de un ave, posteriormente se abre camino hacia el sistema digestivo superior del cultivo, proventrículo y molleja, que es donde se encuentra presente un pH gástrico bajo de 3.5 a 4.5 para empezar la degradación de nutrientes y la actividad enzimática exógena (16).

El proceso de degradación de los alimentos, se denomina digestión, la cual está compuesto por procesos mecánicos, químicos y microbianos. La actividad mecánica se encuentra relacionada con la masticación y a los movimientos peristálticos. Las actividades químicas se llevan a cabo por las enzimas, que se localizan en los jugos digestivos, que en su mayoría son segregadas por el páncreas y células del intestino; mientras la digestión microbiana se efectúa por bacterias. La descomposición de los alimentos en sus elementos fundamentales se lleva a cabo en las vellosidades intestinales que recubren la superficie externa de las células epiteliales (17).

En las aves de corral, las vellosidades intestinales, que desempeñan un papel crucial en la digestión y absorción de nutrientes, están poco desarrolladas al nacer, y la capacidad máxima de absorción se alcanza a los 10 días de edad. Comprender y optimizar la maduración y el desarrollo del intestino en las aves de corral mejorará la eficiencia alimenticia, el crecimiento y la salud general del ave (18)

Las aves tienen un pico por lo que el alimento pasa intacto hasta llegar al buche, actuando como un almacén de comida, en donde intervienen las amilasas provenientes de la saliva para dar inicio a la degradación de los carbohidratos. El estómago se conforma por estómago glandular y uno muscular. El glandular que se llama proventrículo produce pepsina y ácido clorhídrico; para posteriormente continuar con la molleja que tritura de manera mecánica el alimento hasta formar una pasta homogénea. Esta masa llega al intestino delgado donde las proteasas y amilasas degradan las proteínas y carbohidratos. Los componentes de los alimentos que no son digeridos y no reabsorbidos son excretados junto con la orina por la cloaca (17).

La digestión del ave es rápida, requiere aproximadamente de 2 horas y media en gallinas ponedoras y de 8 a 12 en una no ponedora (19).

## 1.2. Fibra

La fibra se define como la suma de los componentes vegetales celulares que las enzimas digestivas de los monogástricos no pueden descomponer. Según la estructura, la configuración y el tamaño de los carbohidratos que la componen, las fibras se pueden dividir en dos categorías: oligosacáridos y polisacáridos. Los oligosacáridos consisten en cadenas de 3 a 10 monosacáridos, mientras que los polisacáridos, como la celulosa, están formados por múltiples unidades. La hemicelulosa, la inulina, la pectina, las gomas, los mucílagos y los betaglucanos tienen estructuras similares y rodean las microfibrillas de celulosa y hemicelulosa. Además, en el interior de estas estructuras se encuentra la lignina, que es un polímero con propiedades estructurales (4).

Aunque las aves no pueden digerir la fibra de la misma manera que los rumiantes, una cantidad limitada de fibra en la dieta puede ser beneficiosa para la salud del tracto gastrointestinal. El nivel óptimo de fibra necesario en la dieta de las aves es aún desconocido y varía según la fuente de fibra, la edad del ave y el aspecto específico que se esté estudiando. Los componentes estructurales presentes en las dietas, como la fracción de fibra insoluble (FI), tienen un impacto positivo en el funcionamiento de la molleja, lo que, a su vez, beneficia la salud intestinal y la productividad de las aves. La cantidad requerida de fibra en la dieta depende en gran medida de las propiedades de la fuente de fibra, incluida su capacidad de disolución, contenido de lignina y tamaño de partícula (20).

Los componentes de las raciones alimenticias incluyen fibras que consisten en polisacáridos no amiláceos (PNAs), principalmente compuestos por celulosa, lignina y almidones resistentes, los cuales no experimentan digestión en el intestino delgado de los pollos. La fracción soluble de los polisacáridos no amiláceos puede dar lugar a la formación de una masa de alimento viscosa en el proceso digestivo, lo que resulta en una disminución en la eficiencia de la absorción de los nutrientes. Se recomienda que el contenido de fibra en las raciones no supere el 5% como porcentaje máximo (21).

### **1.2.1. Fibra dietética**

La fibra dietética es un compuesto inherente que se encuentra en las verduras comunes que se alimentan a los pollos de engorde. La fibra tiene la capacidad de escapar de la digestión y la absorción en el intestino delgado, lo que le permite afectar la forma en que otros nutrientes se absorben y metabolizan en el tracto gastrointestinal. La funcionalidad atribuida a la fibra varía según la estructura química y física y, la mayoría de las veces, es difícil hacer una diferenciación clara entre los atributos debido a la complejidad de los carbohidratos que se encuentran en los alimentos comunes (3).

Tradicionalmente, la fibra dietética ha sido considerada un diluyente de la dieta o incluso un factor antinutricional. Sin embargo, la fibra dietética ha atraído cada vez más atención debido a diversos efectos beneficiosos sobre la salud intestinal. La inclusión de cantidades moderadas de diferentes fuentes de fibra en la dieta mejora el desarrollo de los órganos digestivos y aumenta el HCl, los ácidos biliares y las enzimas. secreción. Estos cambios podrían dar como resultado mejoras en la digestibilidad de los nutrientes, el rendimiento del crecimiento, la salud del tracto gastrointestinal y, finalmente, el bienestar animal. Además, dependiendo de la cantidad y tipo de fibra dietética, así como de la composición de la dieta basal, el perfil de la microbiota existente en la parte distal del tracto gastrointestinal podría verse afectado (22).

La fibra dietética soluble generalmente tiene una estructura viscosa, lo que aumenta la viscosidad del tracto digestivo y reduce la tasa de paso y, finalmente, reduce la utilización de nutrientes. Por el contrario, la fibra dietética insoluble tiene un componente estructural no viscoso, y estudios recientes en aves de corral han demostrado que cantidades moderadas (20-30 g/kg) de fibra dietética insoluble son beneficiosas para la utilización de nutrientes al mejorar el desarrollo gastrointestinal y la secreción de enzimas (23).

Por lo tanto, complementar la fibra dietética insoluble en las dietas de los pollos de engorde puede ser un método factible para mejorar la eficiencia alimenticia. El salvado de trigo, un subproducto del proceso de molienda, es rico en fibra

insoluble, compuesta principalmente de arabinosilanos y, en menor medida, celulosa y  $\beta$ -glucanos (24).

### **1.2.2. Efecto antinutritivo de la fibra dietética en alimentación de las aves**

La fibra dietética es considerada un factor antinutricional en dietas para cerdos y aves de corral, debido a que presenta efectos negativos en la palatabilidad y la ingesta de comida, así como también en la digestión de nutrientes. Por ello, la mayoría de nutriólogos de estas especies formulan dietas con una cantidad máxima de fibra cruda, en especial con animales jóvenes. Sin embargo, estudios recientes que se han realizado en aves de corral y cerdos demostraron de manera consistente que estas especies, aunque por razones diferentes que, en mascotas, conejos y rumiantes, podrían también requerir un nivel mínimo de fibra dietética para una óptima salud y funcionamiento del tracto gastrointestinal (25).

De igual manera, Jha et al., (26) indican que la inclusión de fibra dietética se ha considerado como un componente antinutricional en dietas de monogástricos debido a que se le ha relacionado con el incremento de las pérdidas endógenas, que provoca la disminución de la digestión de nutrientes y energía. Pero, en la actualidad se reconoce que la fibra dietética en bajas cantidades estimula el crecimiento de bacterias intestinales que originen la salud. Esto depende de las características y tipo de fibra, por lo cual, es importante tener información acerca de los diferentes tipos de fibra dietética para de esa manera inferir su papel en el mejoramiento de la salud intestinal del ave.

Cualquier alteración que exista entre el animal y su microbiota intestinal puede originar una cascada de reacciones que conlleven a la inflamación del intestino, lo cual puede alterar los procesos de digestión, absorción y el metabolismo de nutrientes. Dentro de los parámetros que influyen en el efecto de la fibra dietética en el microbiota de las aves se mencionan el tipo de fibra, el grado de polimerización y el tamaño de la partícula. Respecto al tamaño, se ha reportado que un tamaño de partícula pequeño (280 $\mu$ m) en el caso del salvado de trigo se encuentra relacionado con una fermentación rápida y, por lo tanto, una mayor producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Además, esto puede resultar en que las partículas sean lo suficiente pequeñas como para pasar por

medio de los tamices a la entrada de los ciegos y, de esta forma, puedan ser fermentadas de forma más eficaz (27).

### **1.2.3. Efecto de la fibra en el microbiota intestinal**

La fibra presenta un efecto relevante en la microbiota intestinal, que es la comunidad de microorganismos que habitan en el tracto gastrointestinal de los seres humanos y otros animales (6). El impacto de la fibra en la microbiota intestinal es positivo y juega un papel determinante en la salud digestiva y general. A continuación, se identifican los efectos de la fibra en el microbiota intestinal de las aves:

- a) Estimula el crecimiento de bacterias favorables: La fibra dietética, en especial la fibra insoluble y ciertos tipos de fibra soluble, sirve de alimento para las bacterias beneficiosas en el intestino, como las bifidobacterias y los lactobacilos. Dichas bacterias permiten mantener un equilibrio saludable en el microbiota intestinal y desempeñan un papel fundamental en la digestión y absorción de nutrientes, así como en la defensa contra patógenos (28).
- b) Origina la producción de ácidos grasos de cadena corta: Cuando las bacterias fermentan la fibra no digerible en el intestino, producen ácidos grasos de cadena corta, como el butirato, el propionato y el acetato. Dichos ácidos grasos poseen propiedades antiinflamatorias y proveen energía para las células intestinales, lo que favorece el mantenimiento de la barrera intestinal y a la prevención de problemas como la inflamación y el síndrome del intestino permeable (29).
- c) Ayuda a mejorar la función inmunológica: Una microbiota intestinal saludable desempeña un papel fundamental en la regulación del sistema inmunológico. La fibra contribuye a un sistema inmunológico más equilibrado al conservar la microbiota en un estado saludable y al ayudar a prevenir la proliferación de bacterias dañinas (30).
- d) Regula el tránsito intestinal: La fibra insoluble, aumenta volumen a las heces y estimula el movimiento intestinal, lo que ayuda a prevenir el estreñimiento e iniciar la regularidad en la eliminación de desechos (31).

### **1.3. Métodos gravimétricos para la evaluación de nutrientes**

#### **1.3.1. Digestibilidad de materia seca (MS)**

La materia seca se encuentra compuesta de materiales minerales y materias orgánicas. Dentro de las materias orgánicas se encuentran las cenizas después de la combustión completa de la materia viva, mientras que la materia orgánica corresponde a lo que se ha quemado, y está compuesta por cuatro elementos: Carbono, Oxígeno, Hidrógeno y Nitrógeno. Las materias minerales poseen un importante papel en la alimentación, estas son: Sodio (Na), Calcio (Ca), Fósforo (P) y Potasio (K) (32).

El método tradicional de secado de muestras para determinar la materia seca se lleva a cabo mediante la utilización de estufas de circulación forzada a 65°C por un lapso que varía entre 24 a 72 horas según el tipo de muestra (33). Para determinar el porcentaje total de la muestra se emplea la siguiente fórmula:

$$HT = HI + \frac{(100 - HI) * HH}{100}$$

Dónde:

HT= Humedad total en porcentaje

HI=Humedad inicial en porcentaje

HH=Humedad higroscópica en porcentaje

%MS = 100 - %H

#### **1.3.2. Digestibilidad de materia orgánica (MO)**

La materia orgánica consiste en todos los nutrientes excepto las cenizas. La digestibilidad de materia orgánica en aves se refiere a la proporción de materia orgánica de la dieta que es degradada y absorbida en el tracto gastrointestinal de las aves. La digestibilidad de la materia orgánica mide la energía disponible y estimar la síntesis microbiana de proteínas (34).

La digestibilidad de los piensos para aves depende de la proporción de materia orgánica presente. Por lo tanto, es imperativo priorizar la evaluación de la calidad de la materia orgánica en los alimentos para aves de corral para garantizar el

suministro de una nutrición adecuada y la promoción de la salud de los pollos. Además, la digestibilidad de la materia orgánica en las raciones de aves de corral puede verse afectada por varios factores, incluida la tasa de alimentación, las especies de aves, la temperatura ambiental, la tasa de tránsito de los alimentos a través del tracto digestivo (35).

$$\text{Dig MO \%} = \frac{(\text{Consumo MS \%} \times \text{MO dieta}) - (\text{Excreción MS} \times \% \text{MO heces})}{\text{Consumo MS} \times \% \text{MO dieta}} \times 100$$

### 1.3.3. Digestibilidad de grasa cruda (GC)

Es la parte de grasa en el alimento que de manera aparente se digiere en el total del tracto digestivo; este parámetro en las aves de corral se ha medido sobre el tracto total, además, se determina que el componente principal de las grasas y aceites son los ácidos grasos, razón por la cual, la digestibilidad de las grasas depende del perfil de ácidos grasos (34).

La extracción de grasa cruda se lleva a cabo mediante el procedimiento A0AC 948.22. En primer lugar, se pesa un balón limpio y seco (130°C por una hora). Se arma el extractor de grasa, habilitando el flujo de agua en el condensador. Luego, los dedales de celulosa con la muestra se colocan en el sifón del Soxhlet y se añade 200 ml de solvente a los balones. Posteriormente, se ensambla el dispositivo, cerrando el condensador con un desecante (sulfato sódico anhidro). Inicia la extracción verificando el reflujo adecuado. Luego, se retiran los dedales y se destila el solvente hasta secar la muestra. Por último, los balones se secan en una estufa a 130 °C por 30 minutos para eliminar residuos de solvente y humedad (34).

El método Soxhlet para determinar el contenido de grasa cruda es un proceso largo que requiere hasta un día para un solo análisis. Sólo el paso de extracción con disolvente dura seis horas. Por lo tanto, este método no es el preferido para pruebas rutinarias en la industria cárnica, sino que se utiliza como método de referencia estándar (36).

La cantidad de grasa cruda presente se calcula empleando la fórmula siguiente:

$$Dig GC \% = \frac{(Consumo MS \times \% GC dieta) - (Excreción MS \times \% GC heces)}{Consumo MS \times \% GC dieta} \times 100$$

#### **1.4. Fuentes de fibra**

Es común caracterizar la fibra dietética en función de su solubilidad en agua. La fibra soluble como los  $\beta$ -glucanos de la cebada y la avena, los arabinosilanos del trigo y el centeno, las pectinas de las frutas y la pulpa de remolacha azucarera aumentan la viscosidad intestinal y disminuyen la tasa de paso del alimento, lo que a su vez reduce el consumo de alimento, y la tasa de absorción de nutrientes y puede tener una influencia en el crecimiento de las aves de corral (37).

Por el contrario, la fibra insoluble, que es rica en cáscaras de avena y cáscaras de girasol, podría tener efectos diferentes que la fibra soluble. Un nivel moderado de fibra insoluble en las dietas de las aves puede aumentar el tiempo de retención de quimo en la parte superior del TGI, estimulando el desarrollo de la molleja y la producción de enzimas endógenas, mejorando la digestibilidad del almidón, los lípidos y otros componentes de la dieta. Hasta ahora se ha acordado que la fibra soluble se fermenta más rápidamente en comparación con la fibra insoluble (38). Sin embargo, esta visión está cambiando ahora que no existe un método estandarizado para separar la fibra soluble e insoluble. Las fracciones de fibra soluble e insoluble pueden variar dependiendo de la temperatura, el agua o el tampón como solvente y la proporción de fibra a solvente, lo que lleva a limitaciones significativas en la clasificación de la fibra (39).

En el contexto de estudio se utilizarán 4 tipos de fibras:

##### **1.4.1. Afrecho de trigo**

Contiene una cantidad significativa de fibra insoluble, que puede ayudar en la motilidad intestinal y prevenir problemas como la compactación del cultivo o el estreñimiento (5). Además de la fibra, el afrecho de trigo también aporta algo de proteína y energía. Aumenta el número de células caliciformes, que secretan no sólo mucina sino también factores de barrera proteicos, protegiendo así las células epiteliales intestinales (7).

**Tabla 1 Límites de inclusión de afrecho de trigo en la alimentación de pollos (%)**

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>
Pollo inicio (0-18d)	3
Pollos cebo (18-45d)	5
Pollitas inicio (0-6sem)	7
Pollitas crecimiento (6-20sem)	12
Puesto comercial	8
Reproductoras pesadas	8

*Fuente: (40)*

**Tabla 2 Composición química del afrecho de trigo (%)**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad (%)</b>
Humedad	12,6
Cenizas	5,4
PB	15,4
EE	3,3
Fibra soluble	11,1
FND	40,3
FAD	13,4
LAD	3,6

*Fuente: (40)*

#### **1.4.2. Cascarrilla de arroz**

El tamo de arroz es otro subproducto agrícola que se utiliza en la alimentación de las aves. Contiene fibra dietética en forma de celulosa y hemicelulosa, que puede ayudar en la digestión y en el control de peso de las aves. También es una fuente de energía y puede ser una parte importante de la dieta de las aves (6).

La cascarilla de arroz es la capa externa del grano de arroz que se separa de los granos del arroz durante el proceso de molienda. Este producto contiene en su estructura alrededor de 35 a 40% de celulosa, 15 a 20% de hemicelulosa y 20 a

25% de lignina (41). A continuación, se muestra la composición química de la cascarilla de arroz.

**Tabla 3 Composición química de la cascarilla de arroz (%)**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	9,12
Cenizas	13,59
Extracto étero	0,30
Nitrógeno	0,77
Fibra	47,57
Celulosa	36,53
Lignina	22,53
Hemicelulosa	18,41

Fuente: (34)

### **1.4.3. Palmiste**

El palmiste es una fuente de fibra en la dieta de las aves que se obtiene a partir de las semillas de palma. Puede ser de tipo soluble e insoluble y proporciona beneficios para la salud intestinal y la regulación del tránsito digestivo. Además de la fibra, el palmiste también aporta grasas y proteínas, lo que puede ser útil en la dieta de algunas aves, especialmente las que tienen requerimientos nutricionales específicos (7).

La inclusión de la torta de palmiste influye de varios factores como lo es el estado inmunológico del ave, las características, edad, entre otros (7). el contenido de fibra cruda del palmiste está en el rango de 16 a 18 % en el cual no es adecuado para la inclusión en monogástricos debe de ser menor a el rango con la finalidad de evitar efectos antinutricionales (6).

La inclusión de diferentes tipos de fibra en la dieta de las aves es importante para mantener una buena salud digestiva y un rendimiento adecuado. Cada tipo de fibra tiene sus propias características y beneficios, y su inclusión en la dieta debe

ser cuidadosamente equilibrada para satisfacer las necesidades nutricionales específicas de las aves en cuestión.

**Tabla 4. Límites máximos de incorporación de palmiste en la alimentación de pollos (%)**

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>
Pollo inicio (0-18d)	0
Pollos cebo (18-45d)	2
Pollitas inicio (0-6sem)	3
Pollitas crecimiento (6-20sem)	5
Puesto comercial	3
Reproductoras pesadas	3

*Fuente: (42)*

**Tabla 5 Composición química del palmiste (%)**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	8,6
Cenizas	4,6
PB	15,9
EE	7,3
Grasa verd. (%EE)	75
Fibra soluble	19,0
FND	60,2
FAD	35,0
LAD	11,5

*Fuente: (42)*

## **CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Enfoque y Tipo de la investigación:**

La presente investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo de tipo experimental, debido a que implicó la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos bajo condiciones controladas que permitieron estudiar el efecto específico de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de nutrientes en pollos.

### **2.2 Ubicación de la investigación**

La investigación se desarrolló en la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja, en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA/aves), ubicada al sur oeste de la provincia de Loja, en el sector “La Argelia”, que cuentan con las siguientes características meteorológicas:

- 04°02'11" de latitud Sur
- 79°12'4" de latitud Este
- Temperaturas: 9 a 19°C temperatura media 15,8°C
- Precipitación anual: 1066mm
- Humedad relativa media: 75%
- Formación ecológica: Bosque seco - montañoso bajo (Estación Meteorológico la Argelia, 2014).

### **2.3 Población y muestra**

Se trabajó con 64 aves de la línea genética Cobb 500 con una edad de 42 días, con un peso promedio de  $7075 \pm 2$  g, distribuidas por cada tratamiento en cuatro unidades experimentales con 4 unidades observacionales.

## 2.4 Instalaciones y equipos

La presente investigación se desarrolló en un área 15 m<sup>2</sup> se emplearon jaulas experimentales metabólicas de malla galvanizada de 28 cm x 72 cm<sup>2</sup> con su respectivo comedero metálico tipo canaleta y bebedero automático de niple, los tratamientos fueron distribuidos al azar en cada jaula con su respectiva identificación. Las instalaciones y equipos fueron desinfectados con una solución de amonio cuaternario en una relación de 0,5 ml x 1 litro de agua.

## 2.5 Dietas experimentales

Se formularon cuatro dietas experimentales considerando los requerimientos nutricionales para la etapa de finalización establecidos en las tablas de la línea Cobb 500, la fuente de variación fue las diferentes fuentes y porcentajes de fibra, como se detalla en Tabla 6

Tabla 6 Composición de las dietas experimentales para pollos de carne

Ingredientes	FUENTES DE FIBRA			
	Control	Afrecho de trigo	Cascarilla de arroz	Palmiste
Maíz	60,5	45,4	45,4	45,4
Afrecho de trigo	5,00	18,0	0,00	0,00
Cascarilla de arroz	0,00	0,00	18,0	0,00
Palmiste	0,00	0,00	0,00	18,0
Torta de soya	26,2	19,7	19,7	19,7
Aceite de palma	1,27	1,48	1,48	1,48
Aceite de girasol	0,50	0,50	0,50	0,50
Carbonato de calcio	3,40	11,4	11,4	11,4
Fosfato de monocalcio	0,71	0,71	0,71	0,71
Sal	0,20	0,20	0,20	0,20
Bicarbonato de Na	0,51	0,57	0,57	0,57
HCL-Lisina	0,49	0,67	0,67	0,67
Metionina	0,42	0,42	0,42	0,42
Treonina	0,24	0,47	0,47	0,47

Pigmento	0,1	0,1	0,1	0,1
<sup>1</sup> Atrapador de Toxinas	0,24	0,33	0,33	0,33
<sup>2</sup> Coccidiostato	0,02	0,02	0,02	0,02
<sup>3</sup> ProBioenzyme	0,05	0,05	0,05	0,05
<sup>4</sup> Premix	0,15	0,15	0,15	0,15
<b>Composición química calculada</b>				
Energía metabolizable (kcal/kg)	3120	3133	3114	3138
Proteína cruda (%)	19,3	19,02	18,8	18,6
Grasa cruda (%)	3,4	3,7	3,2	3,9
Fibra cruda (%)	3,03	3,68	3,98	3,76

<sup>1</sup> Atrapador de toxinas, Pared Celular de Levadura 300000 mg, Clinoptiloite 350000 mg, Bentonita 350000mg.

<sup>2</sup> Coccidiostato, Clopidol 25 g, Excipientes c.s.p 100 g.

<sup>3</sup> ProBioenzyme, Proteasa ácida 2 800 U,  $\beta$  -Amilasa 45 000 U,  $\beta$  -mananasa 23 000 U, Xilanasa 192 000 U,  $\beta$  -glucanasa 46 000 U, Celulosa 6 500 U, Pectinasa 4 800 U, Fitasa 1 5000 U, Probióticos\* 1,05 billones UFC, Inulina 5,5 mg, Fructo oligosacáridos (FOS) 10 mg, Excipientes c.s.p. 1 g.

<sup>4</sup> Premix, Vitamina A 6000000 UI, Vitamina D3 1100000 UI, Vitamina E 7500 UI, Vitamina K3 1250 mg, Vitamina B1 1500 mg, Vitamina B2 3500 mg, Vitamina B6 1750 mg, Vitamina B12 6,5 mg. Ácido nicotínico 17500 mg, Biotina H2 25 mg, Ácido Pantoténico 6000 mg, Ácido Fólico 500 mg, Colina 125000 mg, Yodo 750 mg, Cobalto 100 mg, Selenio 100 mg, Excipientes

## 2.6 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados en el siguiente estudio fueron:

**Tabla 7 Descripción de los tratamientos**

Tratamientos	Fuentes de Fibra
T1	Control (5%) afrecho de trigo
T2	Afrecho de trigo (18%)
T3	Cascarilla de arroz (18%)
T4	Palmiste (18%)

## **Fase de campo**

La fase de campo tuvo una duración de 10 días, las aves se sometieron a un periodo de adaptación a las distintas dietas por el lapso de siete días y 3 días de experimentación. Se suministró agua y alimento *ad libitum*, al final de la experimentación se cuantificó el consumo real de las diferentes dietas suministradas. Las deyecciones fueron colectadas y pesadas en una balanza digital de alta precisión (SB32001) diariamente de cada tratamiento y unidad experimental por tres días consecutivos, se almacenaron y conservaron en fundas de tipo ziploc en refrigeración a 4°C, posteriormente fueron llevadas al laboratorio para el análisis proximal correspondiente.

## **Fase de laboratorio**

### **Análisis de laboratorio**

Para llevar a cabo el análisis proximal de las dietas y deyecciones en los pollos se emplearon los protocolos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2016) para determinar materia seca (945,15/950,46B), para la cantidad de cenizas (923,03), para la grasa cruda (948,22), proteína cruda (2001,11) y fibra cruda (962,09).

### **2.7. Diseño experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos, 4 unidades experimentales y 4 unidades observacionales.

### **2.8. Variables de estudio**

Se evaluó la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, grasa cruda, fibra cruda, proteína. Los cuales se calcularon mediante las siguientes fórmulas:

### 2.8.1. Digestibilidad de materia seca (DMS)

$$Dig MS \% = \frac{Consumo MS - Excreción MS}{Consumo MS} \times 100$$

### 2.8.2. Digestibilidad de materia orgánica (DMO)

$$Dig MO \% = \frac{Consumo MO - Excreción MO}{Consumo MO} \times 100$$

### 2.8.3. Digestibilidad de grasa cruda (DGC)

$$Dig GC \% = \frac{Consumo GC - Excreción GC}{Consumo GC} \times 100$$

### 2.8.4. Digestibilidad de fibra cruda (DFC)

$$Dig FC \% = \frac{Consumo FC - Excreción FC}{Consumo FC} \times 100$$

### 2.8.5. Digestibilidad de proteína (DPC)

$$Dig PC \% = \frac{Consumo PC - Excreción PC}{Consumo PC} \times 100$$

## 2.9. Procesamiento y análisis de la información

Se determinó por medio del programa estadístico Infostat el análisis de varianza en el cual se tomaron como principales factores de variación las fuentes de fibra.

Para comparar las medidas se hizo mediante el test de tukey. Los  $p$ -valores  $<0,05$  fueron considerados como significativos respectivamente.

#### **2.10. Consideraciones éticas**

La investigación se ejecutó de acuerdo con el ordenamiento de normas bioéticas internacionales de bienestar animal como se establece en el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS No 983, Ecuador) para el cuidado y uso de los animales en investigación.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Composición química de la dieta

En la tabla 8 se muestra la composición química de las dietas experimentales con la inclusión de diferentes fuentes de fibra en pollos de carne.

**Tabla 8 Composición química de la dieta**

Variables	Fuentes de fibra			
	Control	Afrecho de trigo	Cascarilla de arroz	Palmiste
Materia seca	85,9	88,8	84,8	88,1
Materia orgánica	93,6	93,9	85,0	88,7
Cenizas	6,12	6,43	14,9	11,3
Proteína cruda	18,7	17,2	17,9	19,8
Grasa cruda	3,98	5,05	3,77	5,21
Fibra cruda	3,27	6,05	10,3	7,79

La composición química de materia seca (MS) del tratamiento contro (5%) de afrecho de trigo T2 (18%) de afrecho de trigo T3 (18%) de cascarilla de arroz y el T4 (18%) de palmiste fue de 85,9; 88,8; 84,8; 88,1% de MO 93,6; 93,9; 85,0; 88,7%

De ceniza 6,12; 6,43; 14,9; 11,3% con respecto a proteína Cruda (PC) 18,7;17,2;17,9;19,8% GC 3,98; 5,05;3,77; 5,21% y finalmente de FC de 3,27;6,05;10,3;7,79% según corresponda.

### 3.2 Composición química de las heces

La composición química de las heces de pollos de carne alimentados con la inclusión de diferentes fuentes de fibra en pollos de carne se evidencia el a tabla 9

**Tabla 9 Composición química de las heces**

Variables	Fuentes de fibra			
	Control	Afrecho de trigo	Cascarilla de arroz	Palmiste
Materia seca	11,8	13,6	18,7	16,8
Materia orgánica	77,4	65,2	61,2	66,2
Cenizas	22,6	34,9	38,8	33,8
Proteína cruda	30,3	25,2	16,5	20,3
Grasa cruda	4,42	4,39	2,79	3,65
Fibra cruda	10,7	10,4	22,6	20,7

Los resultados muestran que los tratamientos con diferentes fuentes de fibra en las heces colectadas con los pollos en la investigación evidencian valores de MS de 11,8;13,6;18,7;16,8% de MO 77,4;65,2;61,2;66,2% de ceniza 22,6;34,9;38,8;33,8% de PC es 30,3;25,2;16,5;20,3% GC 4,42;4,39;2,79;3,65% y finalmente de FC es 10,7;10,4;22,6;20,7% correspondiente.

### 3.3 Análisis de la digestibilidad de nutrientes

En la tabla se muestra la composición química de las dietas suministradas a los pollos durante el desarrollo de la presente investigación, de acuerdo a las diferentes fuentes de fibra.

**Tabla 10 Digestibilidad de nutrientes**

VARIABLES	FUENTES DE FIBRA				EE	P-valor
	T1 (5% afr. de trigo)	T2 (18% afr. Trigo)	T3 (Paja de arroz)	T4 (Palmiste)		
Materia seca	77,17c	68,33b	60,35a	67,94b	1,57	0,001
Materia orgánica	80,31b	78,88b	71,47 a	76,05ab	1,24	0,001
Proteína cruda	67,00a	63,59 a	57,58 a	61,85 a	2,83	0,181
Grasa cruda	73,05 a	73,71 a	70,65 a	77,45 a	2,35	0,281

Fibra cruda	15,06 a	47,87b	13,28 a	14,84 a	4,09	0,001
-------------	---------	--------	---------	---------	------	-------

### **Digestibilidad de materia seca, DMS**

En referencia a la materia seca (MS) se evidencia que los cuatro tratamientos presentaron diferencias significativas entre ellos ( $p < 0,05$ ), siendo el T1 con 5% de afrecho de trigo el que presenta un valor mayor, con 77,172%, seguido del T2 que posee el 18% de afrecho de trigo, con un valor de 68,33%, luego se encuentra el T4 que corresponde al palmiste con un valor de 67,94% y, finalmente el T3 que corresponde a la paja de arroz con un valor de 60,35%.

De acuerdo a estos datos se establece que fue superior el tratamiento control (5% de afrecho de trigo) con el 77,2% de digestibilidad, valores similares se obtuvieron en Cruz (34), quien al incluir el 5% de afrecho de trigo en la dieta de pollos obtuvo

el 77,17% de digestibilidad de materia seca. Los resultados indicaron que con el uso del 5% de afrecho de trigo mejoró la digestibilidad de los nutrientes al mejorar el estado antioxidante, el desarrollo de la molleja, las actividades de las enzimas digestivas intestinales y la morfología en los pollos de engorde (24).

Por otra parte, en el estudio realizado por Rabie et al., (43) se encontró que al incluir 15% de afrecho de trigo en la dieta de los pollos de la línea Hubbard de 35 días de edad se obtuvieron resultados similares de digestibilidad de materia seca al de la presente investigación con valores de 78,02%.

De acuerdo a Choct y Annison (44) existen pruebas sólidas de que los pentosanos del trigo tienen actividades antinutritivas en las dietas de pollos de engorde y probablemente generan bajos valores de energía metabolizable aparente (AME). El efecto antinutritivo se manifiesta por un crecimiento deficiente de los pollos acompañado de una utilización reducida de los nutrientes, por este motivo el FEDNA (40), recomienda una incorporación máxima del 12% de afrecho de trigo, debido a que ayuda a mejorar la eficiencia alimenticia y el estado antioxidante en pollos de engorde.

En referencia a la inclusión de la paja de arroz en la dieta de los pollos de la presente investigación, el coeficiente de digestibilidad de materia seca fue de 60,35%, este valor es inferior al obtenido por Adibmoradi et al., (45) quienes al incluir este mismo ingrediente en 0,75% en pollo de la línea Ross 308 de 34 a 36 días reportaron un coeficiente de digestibilidad de materia seca de 76,45%. Sin embargo, en la investigación de Alabi et al., (46) en donde se emplearon pollos Arbor de 21 días, al incluir 25% de cáscara de arroz se obtuvo un valor de digestibilidad de materia seca de 89,34%, siendo un valor superior al de este estudio.

El estudio desarrollado por Aderolu et al., (47) se determinó que la cascarilla de arroz debido a su baja digestibilidad de nutrientes, su alto contenido de fibra y su alto contenido de ceniza, hace difícil su degradación, motivo por el cual no es idónea su inclusión en la alimentación de monogástricos como las aves, limitando su utilización como ingredientes para dieta para los animales. De la misma forma Abdulhameed y Olutimehin (48) establece que pueden utilizar mejor la cáscara de

arroz como ingrediente alimentario cuando se añaden aditivos como sémola o enzimas.

### **Digestibilidad de Materia Orgánica, DMO**

En relación a la digestibilidad de la materia orgánica (MO) en los pollos, se evidencia que los cuatro tratamientos presentaron diferencias significativas entre ellos ( $p < 0,05$ ), siendo el T1 (5% de afrecho de trigo) el que presenta un valor mayor, con 80,31%, seguido del T2 (18% de afrecho de trigo) con un valor de 78,88%, luego se encuentra el T4 (Palmiste) con un valor de 76,05% y, finalmente el T3 (Paja de arroz) con un valor de 71,47%.

Los resultados muestran que el T1 que contiene el 5% de afrecho es el que presenta una mayor digestibilidad respecto a los demás tratamientos con un valor de 80,31%, resultados similares se mostraron en la investigación de Cruz (34), que presentó el mayor rango de digestibilidad en el tratamiento de control que incluía el 5% de afrecho de trigo con 81,11%; sin embargo, en el estudio realizado por Rabie et al. (43) que empleó un 15% de afrecho de trigo en pollos de la línea Hubbard de 35 días de edad obtuvo un valor similar con 81,48% de digestibilidad de materia orgánica.

Respecto a la inclusión de cascarilla de arroz a la dieta de los pollos, en el estudio de Cruz (34) se obtuvo un valor de digestibilidad de 71,47% de materia orgánica, que es el mismo valor que se presentó en el presente estudio. De esta forma, Hartini (49), en su estudio que incluyó pollos de la línea Lohmann con 21 días de edad, evidenció que la inclusión al 4% de este tipo de fibra es ideal para mejorar el crecimiento de los pollos.

Referente a la inclusión de palmiste en la dieta de los pollos, los resultados muestran un valor de digestibilidad de 76,08% de materia orgánica, estos resultados son similares a los obtenidos por Cruz (34), que con una inclusión del 18% de palmiste, se obtuvo un valor de 72,94%. Sin embargo, Alshelmani et al., (50) en su estudio determinó que la torta de palmiste fermentada podría alimentarse a pollos de engorde hasta en un 15% de sus raciones sin ningún efecto adverso sobre la digestibilidad de materia orgánica.

### **Digestibilidad de Proteína cruda, DPC**

Referente a la digestibilidad de la proteína cruda en las aves se evidencia que no existe diferencias significativas entre los cuatro tratamientos empleados ( $p>0,05$ ). En tal virtud, esta variable no se relacionó con el consumo de las diferentes fuentes de fibra, dado que los valores estuvieron en un rango de 57,58% a 67,00%.

Los datos obtenidos difieren de los reportados por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (51), cuyos valores de digestibilidad de proteína bruta de la torta de palmiste y el salvado de trigo fueron de 42% y 78% respectivamente. Los valores de digestibilidad de proteína bruta fueron calculados obteniendo la proteína bruta digestible de cada ración y después calculando el porcentaje que representa sobre la proteína bruta de la ración.

### **Digestibilidad de grasa cruda, DGC**

Respecto a la digestibilidad de grasa cruda en las aves, los resultados evidencian que no existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos ( $p>0,05$ ), con valores entre 70,65% a 77,45%, por lo cual se indica que esta variable no está relacionada con las fuentes de fibra que fueron consumidos por los pollos.

Los resultados obtenidos de digestibilidad de grasa cruda en la presente investigación difieren de los encontrados en el estudio de Cruz (34), en donde se determinó que al incluir el afrecho de trigo al 5% obtuvo el mejor coeficiente de digestibilidad de grasa cruda con un valor de 79,9%. Por otra parte, en el estudio de Saheed et al. (52) en donde se utilizó 216 pollos de engorde de la línea Ross 308, se obtuvo que la inclusión de 20% de salvado de trigo tuvo una mayor digestibilidad de grasa cruda con un valor de 61,08%, siendo menor a los obtenidos en la presente investigación.

### **Digestibilidad de Fibra Cruda, DFC**

En relación a la digestibilidad de la fibra cruda, los datos indican que si existe una diferencia significativa entre los tratamientos en base a fibra empleados en la alimentación de las aves ( $p>0,05$ ), siendo el T2 (18% afrecho de trigo) el que presenta un valor mayor, con 47,87%, seguido por el T1 (5% afrecho de trigo) con

15,06%, luego por el T4 (Palmiste) con 14,84% y finalmente el T3 (Paja de arroz) con un valor de 13,28%. Este elevado porcentaje indica que el afrecho de trigo en esta concentración es altamente digestible para las aves, posiblemente debido a su composición y a la forma en que interactúa con el sistema digestivo aviar.

Los resultados de la investigación son similares al estudio realizado por Walugembe et al., (53), que se llevó a cabo para evaluar los efectos de la alimentación con diversos contenidos de fibra en el rendimiento de pollos criados para la producción de huevos o carne desde el día 1 al 21 de edad, en donde se demostró que la digestibilidad de la fibra fue mayor en las aves ponedoras que en los pollos de engorde, independientemente de la dieta ( $P \leq 0.01$ ), y una mayor concentración de fibra dietética resultó en una mayor digestibilidad ideal ( $P \leq 0.01$ ).

De igual forma, el estudio de Zafar et al. (54) determinó que el afrecho de trigo mejora de manera significativa la digestibilidad de la fibra cruda, lo cual sugiere que esta fuente fibra en especial cuando es administrado en niveles altos, es más eficiente en la mejora de digestibilidad en aves que otras fuentes de fibra como el palmiste y la paja de arroz.

La utilización de nutrientes mejoró con la adición de fibra a la dieta. Los pollos se benefician de las partículas de fibra gruesa en la dieta en etapas más tempranas de la vida, pero el tamaño de las partículas generalmente no tiene beneficios una vez que el tracto digestivo está completamente desarrollado. El tipo de fibra también puede influir en la utilización de nutrientes (55).

De igual forma, Faryadi et al., (56) en su estudio determinó que el efecto de la fibra dietética en la capacidad digestiva de los pollos de engorde depende de las características fisicoquímicas de la fuente de fibra. Por ejemplo, la fibra soluble viscosa disminuye la digestibilidad de los nutrientes, mientras que la fibra no viscosa no reduce la digestibilidad de los nutrientes. En el caso del palmiste y la cascarilla de arroz, al ser ricas en fibras solubles, reducen la digestibilidad de los nutrientes como las proteínas, grasas y minerales, debido a que la fibra insoluble actúa como una barrera que dificulta la acción de las enzimas digestivas, sin

embargo, estas pueden mejorar la motilidad intestinal y prevenir problemas digestivos.

Sin embargo, el afrecho de trigo al ser una combinación de fibras solubles e insolubles y un 10% de fibra bruta, se convierte en una fuente más equilibrada, pero también tienen efectos perjudiciales, como un alto contenido de micotoxinas y una dilución de la dieta en términos de energía. De esta forma, es importante formular una ración moderada con las fibras no convencionales, para mejorar la microflora intestinal y la salud intestinal (2).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Los resultados muestran que la inclusión de diferentes fuentes de fibra en la dieta de los pollos influye de manera significativa en la digestibilidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO). El tratamiento con un 5% de afrecho de trigo (T1) presenta los valores más altos de digestibilidad de MS y MO, con 77,17%, 80,31% respectivamente, lo cual sugiere que este nivel de inclusión optimiza la absorción de estos nutrientes. Sin embargo, la paja de arroz muestra una digestibilidad inferior, lo cual puede ser resultado de su alto contenido de fibra insoluble y ceniza, lo cual limita su uso en dietas para monogástricos.
- Respecto a la digestibilidad de proteína cruda y grasa cruda en pollos de carne se determinó que no existieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la aplicación de los diferentes tratamientos en la alimentación de las aves, lo cual indica que estas variables no se ven afectadas de manera directa por las fuentes de fibras estudiadas. Sin embargo, con respecto a la digestibilidad de la fibra cruda, si existe una diferencia significativa entre los tratamientos empleados ( $p > 0,05$ ), siendo el T2 (18% afrecho de trigo) el que presenta un valor mayor, con 47,87%. Esto sugiere que el afrecho de trigo en niveles altos puede ser una fuente de fibra para la mejora de digestibilidad de fibra cruda en los pollos. De igual forma, se evidencia que las fuentes de fibra como el palmiste y la paja de arroz, por su composición fisicoquímica y contenido de fibra soluble, son menos eficaces y reducen la digestibilidad general de nutrientes en los pollos.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que la inclusión de fuentes de fibra en la dieta de pollos de carne muestra porcentajes digestibilidad de nutrientes aceptables, lo que impacta directamente en su aprovechamiento nutricional y rendimiento. Los análisis realizados evidenciaron que el tipo y proporción de fibra en la dieta desempeñan un rol importante en la absorción

de nutrientes, ya que la fibra adecuada facilita el tránsito intestinal, mejora la salud digestiva y optimiza el metabolismo.

## **RECOMENDACIONES**

- Es importante el uso balanceado de diferentes fuentes de fibra en la dieta de los pollos, ajustando las proporciones para maximizar la digestibilidad de los nutrientes sin comprometer la salud digestiva de las aves.
- Es necesario realizar un análisis de la forma de mejorar el valor nutricional de las diferentes fuentes de fibra, a través de métodos químicos, físicos o biológicos que ayuden a contrarrestar los efectos negativos de la fibra sobre la digestibilidad de nutrientes.
- Realizar un control riguroso de las materias primas no convencionales que no estén con agentes patógenos y así asegurar la eficiencia digestiva.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rosales S. Estudio de Mercado Avícola enfocado a la Comercialización del Pollo en Pie, año 2012-2014: Superintendencia de Control del Poder de Mercado; 2017.
2. Agila R. Efecto de las diferentes fuentes de fibra sobre los parámetros productivos de los pollos de carne criados en altura Loja: Universidad Nacional de Loja; 2023.
3. Tejada O, Kim W. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals*. 2021; 11(2): p. 461.
4. Sánchez L, Macias M, Gutiérrez D, Arredondo M, Valencia M, Avila F. Fibra como prebiótico para aves de producción: una revisión. *Abanico Veterinario*. 2022 Enero-Diciembre; 12: p. 1-12.
5. Ferreyros A, Granda S.. Efecto de fuentes lipídicas y salvado de trigo en los indicadores biológicos de pollos de engorde Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; 2020.
6. Rajesh J, Pravin M. Fibra dietética en la nutrición de las aves y sus efectos sobre la utilización de nutrientes, el rendimiento, la salud intestinal y el medio ambiente: una revisión. *Revista de ciencia animal y biotecnología*. 2021; 51.
7. Rezaei M, Karimi M, Oared H, Ivarsson E. Body growth, intestinal morphology and microflora of quail on diets supplemented with micronised wheat fibre. *Br Poult Sci*. 2018; 59(4): p. 422-429.
8. Espín D. La avicultura en Ecuador y su futuro. *FarmAgro*. 2021.
9. Parra D, Parra J, Urdaneta R. Efecto de un acidificante orgánico en los parámetros productivos de pollos de engorde.. *Revista Tecnocientífica URU*. 2017; 12(1): p. 34-39.
- 10 Torres D. Exigencias nutricionales de proteína bruta y energía metabolizable

- para pollos de engorde. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2018; 9(1).
- 11 Glatz P. Alojamiento y manejo de la aves de corral en países desarrollados. ·  
· FAO. 2019 Noviembre.
- 12 Parrales J. Pafrámetros productivos en pollos de engorde alimentadfos ·  
· parcialmente con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*) Jipijapa-Manabí:  
· Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2021.
- 13 Pietsch M. BM Editores. [Online].; 2020. Available from:  
· <https://bmeditores.mx/avicultura/fibra-el-nutriente-olvidado-en-la-produccion-avicola/#:~:text=En%20la%20formulaci%C3%B3n%20alimenticia%20de%20la%20nutrici%C3%B3n%20de%20la%20avicultura.>
- 14 M. A. Evaluación de parámetros zootécnicos y sistema digestivo utilizando ·  
· programas de alimentación modulada en pollos de engorde Michoacán. In  
· Hidalgo UMDSND..; 2020.
- 15 Bailey R. Salud del tracto digestivo de las aves: el mundo interior. Aviagen.  
· 2019;; p. 1-11.
- 16 López C. El Sitio Avícola. [Online].; 2015. Available from:  
· [https://www.elsitioavicola.com/articles/2660/el-sandrome-de-transito-rapido-en-pollos-2-a-factores-nutricionales/.](https://www.elsitioavicola.com/articles/2660/el-sandrome-de-transito-rapido-en-pollos-2-a-factores-nutricionales/)
- 17 Campaña M. Estudio de factibilidad de la utilización de enzimas digestivas en ·  
· la formulación de dietas para ponedoras comerciales Quito: UDLA; 2010.
- 18 Tellez G, Higgins S, Donoghue A, Hargis B. Digestive Physiology and the ·  
· Role of Microorganisms. Poultry Science Association, Inc. 2006;; p. 138-144.
- 19 Zambrano N. Morfometría en órganos accesorios del TGI en pollos de ·  
· engorde alimentados con torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) Jipijapa:  
· Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2021.
- 20 Salvador E. Importancia de la fibra en dietas de aves en el período inicial.  
· Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. 2022 Marzo.
- 21 Silva A. Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde ·  
· alimentados con residuos pos cosecha de *Theobroma cacao* L. Universidad  
· Técnica de Ambato. 2016.
- 22 Mateos G, Jiménez E, Serrano M, Lázaro R. Poultry response to high levels of

- dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. The Journal of Applied Poultry Research. 2012; 21(1): p. 156-174.
- 23 Jha R, Fohse J, Tiwari U, Li L, Willing B. Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. Front. Vet. Sci. 2019; 6(48).
- 24 Shang Q, Wu D, Liu H. The Impact of Wheat Bran on the Morphology and Physiology of the Gastrointestinal Tract in Broiler Chickens. Animal. 2020; 10(1831).
- 25 Bosse A, Pietsch M. La fibra en la nutrición animal: Una guía para monogástricos Unión Europea: Agrimedia; 2016.
- 26 Jha R, Fohse J, Tiwari U, Li L, Willing B. Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. Frontiers in Veterinary Science. 2019; 6(48).
- 27 Vermeulen K, Verspreet J, C C, Haesebrouck F, Ducatelle R, Van I. Reduced particle size wheat bran is butyrogenic and lowers Salmonella colonization, when added to poultry feed. Veterinary Microbiology. 2017; 198: p. 64-71.
- 28 Rajesh J, Janelle M, Utsav T, Linge L, Benjamin W. Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. Front Vet Sci. 2019.
- 29 Kimiaetalab M, Mirzaie S, Jiménez E, Cámara L, Mateos G. A comparative study on the effects of dietary sunflower hulls on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a pullet diet from 0 to 21 days of age. Animal Feed Science and Technology. 2018; 236: p. 57-67.
- 30 Sánchez L, Marcias M, Gutiérrez D, Arredondo M, Valencia M, Avila F. Fibra como prebiótico para aves de producción: una revisión. Abanico Veterinario. 2022 Enero-diciembre; 12.
- 31 Koçer B, Bozkurt M, Ege G, Tüzün A. Effects of sunflower meal supplementation in the diet on productive performance, egg quality and gastrointestinal tract traits of laying hens. British Poultry Science. 2021; 62: p. 101-109.
- 32 Mariño I, Roa M. Parámetros productivos y digestibilidad de pollos, utilizando cayeno (*Hibiscus rosa-sinensis*) y probiótico (*Lactobacillus acidophilus*) más pectina. Orinoquia. 2021; 1: p. 35-46.
- 33 Petruzzi H, Stritzler N, Ferri C, Pagella J, Rabotnikof C. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas.

- Universidad Nacional de La Pampa. 2005.
- 34 Cruz B. Estudio del efecto de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de  
· nutrientes en pollos de carne criados en altura Loja: Universidad Nacional de  
Loja; 2923.
- 35 Suariani L, Sanjaya G, Kaca N. Digestibility of Native Chicken Rations  
· Containing Fermented Banana Peels. *International Journal of Scientific  
Multidisciplinary Research (IJSMR)*. 2023; 1(8): p. 1013-1026.
- 36 Australia FS. Crude Fat Determination Soxhlet Method: AMPC; 2006.  
·
- 37 Singh A, Kim W. Effects of Dietary Fiber on Nutrients Utilization and Gut  
· Health of Poultry: A Review of Challenges and Opportunities. *Animals*. 2021;  
11(1).
- 38 Jha R, Zijlstra R. Physico-chemical properties of purified fiber affect their in  
· vitro fermentation characteristics and are linked to in vivo characteristics in  
pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 2018; 98(2): p. 394-398.
- 39 Williams B, Grant L, Gidley M, Mikkelsen D. Gut Fermentation of Dietary  
· Fibres: Physico-Chemistry of Plant Cell Walls and Implications for Health.  
*Int. J. Mol. Sci*. 2017; 18(10).
- 40 FEDNA. Salvado de trigo (15% almidón): Fundación Española para el  
· Desarrollo de la Nutrición Animal; 2011.
- 41 Zambrano G, García V, Cedeño C, Alcívar U. Aprovechamiento de la  
· cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa. *Polo  
de Conocimiento*. 2021 Abril; 6(4).
- 42 FEDNA. Torta de presión de palmiste. [Online].; 2015. Available from:  
· <https://www.fundacionfedna.org/node/439>.
- 43 Rabie H, Dorra T, El Serwy A, El Gogary M. The use of rice bran or wheat  
· bran in diets of broiler chicks. *Journal of Animal and Poultry Production*. ;  
30(2): p. 801 - 818.
- 44 Choct M, Annison G. Anti- nutritive effect of wheat pentosans in broiler  
· chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science*. 1992;  
33(4): p. 821-834.
- 45 Adibmoradi M, Navidshard B, Faseleh M. The effect of moderate levels of

- finely ground insoluble fibre on small intestine morphology, nutrient digestibility and performance of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 2016; 15(2): p. 310-317.
- 46 Alabi O, Atteh J, Ogunniyi P. Effect of Dietary Inclusion of Rice Husk Supplemented with Commercial Enzymes on Performance, Nutrient Retention and Gastro-intestinal Tract Characteristics of Arbor Acres Broilers. *American Journal of Experimental Agriculture*. 2014; 4(5): p. 575-583.
- 47 Aderolu A, Eustace I, Onilude A. Changes in Nutritional Value of Rice Husk during *Tricho- derma viride* Degradation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2007; 13: p. 583-589.
- 48 Abdulhameed J, Job O. Use of In vitro Technique in Predicting In vivo Response of Poultry to Enzyme Supplementation. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*. 2020; 14(3).
- 49 Hartini S, Rahardjo D, Purwaningsih P. The Effects of Rice Hull Inclusion and Enzyme Supplementation on the Growth Performance, Digestive Traits, Dry Matter and Phosphorus Content of Intestinal Digesta and Feces of Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*. 2019; 18(1): p. 21-27.
- 50 Alshelmani M, Loh T, Foo H, Sazili A, Lau W. Effect of feeding different levels of palm kernel cake fermented by *Paenibacillus polymyxa* ATCC 842 on broiler growth performance, blood biochemistry, carcass characteristics, and meat quality. *Animal Production Science*. 2016; 57(5).
- 51 Garcés C. Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo España: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente; 2017.
- 52 Saheed S, Ehizogie A, Abiola S, Bashirat S. Nutritive values of wheat bran-based broiler diet supplemented with different classes of enzymes. *Trop. Agric*. 2018; 95(3).
- 53 Walugembe M, Rothschild M, Persia M. Effects of high fiber ingredients on the performance, metabolizable energy and fiber digestibility of broiler and layer chicks. *Animal Feed Science and Technology*. 2014; 188: p. 46-52.
- 54 Zafar M, Pasha T, Khattak F. Effect of dietary fiber source and level on

- nutrient digestibility and performance in broilers. *Poultry Science*. 2016; 95(8): p. 1871-1877.
- 55 Donadelli R, Stone D, Beyer R. Effect of fiber source and particle size on chick performance and nutrient utilization. *Poultry Science*. 2019; 98(11): p. 5820-5830.
- 56 Faryadi S, Lashkari SNS, Woyengo T. Nutrient digestibility in broiler chickens fed diets containing high levels of soybean oil is affected by the source of fiber. *Canadian Journal of Animal Science*. 2023; 103(2).

## ANEXOS

### Anexo 1. Evidencias Fotográficas de la elaboración de los tratamientos empleados en la investigación

