



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Estudio del efecto de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de nutrientes en pollos de carne criados en altura

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Médico Veterinario.

AUTOR:

Bryan David Cruz Castillo

DIRECTOR:

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 18 de agosto de 2023

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez Mg Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estudio del efecto de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de nutrientes en pollos de carne criados en altura** de autoría del estudiante **Bryan David Cruz Castillo**, con cédula de identidad Nro. **1105010944**, previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, apruebo y autorizo su presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez Mg Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Bryan David Cruz Castillo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1105010944

Fecha: 19 de octubre de 2023

Correo electrónico: bryan.cruz@unl.edu.ec

Teléfono: 0962134250

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Bryan David Cruz Castillo**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estudio del efecto de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de nutrientes en pollos de carne criados en altura**, como requisito para optar el título de **Médico Veterinario**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte días del mes de octubre de dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Bryan David Cruz Castillo

Cédula: 1105010944

Dirección: Julio Ordoñez

Correo electrónico: bryan.cruz@unl.edu.ec

Teléfono: 0962134250

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular: Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez, Mg. Sc.

Dedicatoria

En primer lugar, este trabajo lo dedico a Dios, por ser mi fortaleza en momentos de flaqueza, mi luz en la oscuridad y la mano amiga que me sostuvo para no desfallecer durante todo este proceso.

A mi persona, pues gracias a mi esfuerzo y dedicación he podido alcanzar esta meta a pesar de los obstáculos.

A mi ángel guardián que desde el cielo me protege; mi padre. A mi madre, quien con esfuerzo, sacrificio e infinito amor me supo guiar y forjar en valores, que me permitieron enfrentar mis luchas internas y culminar mi formación profesional.

A mis hermanos, Freddy y Cinthya, cómplices de esta gran aventura. A toda mi familia y amigos, por el cariño y apoyo constante en todo este viaje.

Con cariño,

Bryan David Cruz Castillo

Agradecimiento

En este camino que he recorrido a lo largo de estos años asumiendo retos y trabajo, y adquiriendo aprendizaje y satisfacciones, quiero agradecer a todos aquellos que de alguna manera han sido pilares fundamentales durante toda mi trayectoria estudiantil.

A Dios por ser mi fortaleza y haberme concedido la salud y sabiduría necesaria para poder culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi madre por ser mi mayor fuente de inspiración, por sus consejos y apoyo incondicional y porque nunca permitió que mi fe y voluntad se apagarán.

A la Universidad Nacional de Loja, y a la carrera de Medicina Veterinaria, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de cursar mis estudios superiores.

A mis distinguidos docentes, de manera especial al Dr. Rodrigo Abad, Dr. Galo Escudero, Dr. Luis Aguirre, Dra. Rocío Herrera y a la Ing. Beatriz Guerrero, quienes fueron mis guías y contribuyeron a mi formación profesional compartiendo su conocimiento y experiencia.

Bryan David Cruz Castillo

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:.....	ix
Índice de figuras:	x
Índice de anexos:	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Fibra dietética	6
4.1.1. La fibra en la alimentación de aves.....	7
4.1.2. Efecto antinutritivo de la fibra dietética.....	7
4.2. Digestibilidad.....	8
4.2.1. Digestibilidad de nutrientes	9
4.3. Métodos Gravimétricos para la Evaluación de Nutrientes	11
4.3.1. Digestibilidad de materia seca (MS).....	11
4.3.2. Digestibilidad de materia orgánica (MO)	12
4.3.3. Digestibilidad de grasa cruda (GC).....	12
4.4. Fuentes de fibra	13
4.4.1. Afrecho de trigo	13

4.4.2. Cascarilla de arroz.....	14
4.4.3. Palmiste.....	15
5. Metodología.....	17
5.1. Área de estudio	17
5.2. Procedimiento.....	17
5.2.1. Animales e instalaciones	17
5.2.2. Dietas experimentales	18
5.2.3. Diseño experimental	19
5.2.4. Fase de campo.....	19
5.2.5. Fase de laboratorio.....	20
5.2.5.1 Análisis de laboratorio	20
5.2.5.2 Variables de estudio	20
5.2.5.2.1 Digestibilidad de materia seca (DMS)	20
5.2.6.2.2 Digestibilidad de materia orgánica (DMO).....	20
5.2.6.2.2 Digestibilidad de grasa cruda (DGC).....	20
5.4. Procesamiento y análisis de la información.....	21
5.5. Consideraciones éticas.....	21
6. Resultados	22
6.1. Composición Química de las Dietas y Heces	22
6.2. Análisis de Digestibilidad.....	23
7. Discusión	24
7.1. Digestibilidad de materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO).....	24
7.2. Digestibilidad de grasa cruda (DGC)	26
8. Conclusiones	28
9. Recomendaciones	29
10. Bibliografía	30
11. Anexos	39

Índice de tablas:

Tabla 1. Límites de inclusión de afrecho de trigo en la alimentación de pollos (%).	13
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. Composición de las diferentes dietas experimentales para pollos de carne (%).	18
Tabla 7. Análisis de la composición química de las dietas (%).	22
Tabla 8. Análisis de la composición química de las heces (%).	22
Tabla 9. Análisis del coeficiente de digestibilidad in vivo de nutrientes (%).	23

Índice de figuras:

Figura 1. Tracto gastrointestinal (GIT).	9
Figura 2. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara	17
Figura 3. Fabricación de jaulas.	39
Figura 4. Elaboración de las dietas experimentales.	39
Figura 5. Pesaje de los pollos y periodo de adaptación.....	40
Figura 6. Suministro de alimento y agua a los pollos.	40
Figura 7. Colecta y pesaje de heces.....	41
Figura 8. Análisis químico de materia seca y materia orgánica.	41
Figura 9. Análisis químico de grasa cruda.	42

Índice de anexos:

Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo. 39

Anexo 2. Evidencias del análisis de la composición química de las dietas y heces. 41

Anexo 3. Certificado de la traducción en inglés. 43

1. Título

Estudio del efecto de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de nutrientes en pollos de carne criados en altura

2. Resumen

El coeficiente de digestibilidad sirve para calcular la proporción de nutrientes disponibles para la absorción. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de las dietas sobre la digestibilidad de nutrientes en pollos criados en altura. Se estructuró 4 tratamientos, con 4 unidades experimentales y 4 unidades observacionales respectivamente, se utilizaron 64 pollos de la línea Cobb 500 de 42 días de edad, con un peso promedio 7075 g. Con un diseño completamente al azar, siendo los tratamientos: T1 (control) con inclusión del 5 % de afrecho de trigo y el resto de tratamientos con inclusión del 18 % de: (afrecho de trigo) T2, (cascarilla de arroz) T3, y (palmiste) T4. Se realizó un periodo de adaptación de siete días, posteriormente por tres días se recolectó las deyecciones registrando el peso de los pollos y excretas. Los factores analizados se efectuaron mediante los protocolos AOAC, cuyos datos se procesaron en el paquete estadístico Infostat, obteniendo resultados como coeficiente de digestibilidad *in vivo* de MS, MO y GC existiendo diferencia estadística ($p < 0,005$) entre las fuentes de fibra de inclusión en las diferentes variables. Se concluye que la inclusión del 18 % de subproductos de cosecha ensayados en pollos de producción de acuerdo a los rangos de coeficiente de digestibilidad sobre el 50 % los mismos que son considerados como aceptables; generando una sugerencia el de realizar un análisis de control de calidad de las materias primas antes de ser incorporadas como parte de la dieta.

Palabras claves: Fibra, digestibilidad, residuos de cosecha, análisis bromatológicos, pollos de carne.

2.1. Abstract

The digestibility coefficient is used to calculate the available nutrient proportion for absorption. The goal of the present investigation was to evaluate the effect of the diets of nutrient digestibility on chicken's growth in highness. This was developed to 4 processing, and 4 experimental units respectively, also using 64 chickens of the mark Cobb 500 of 42 old days, with a range weight of 7075 g. Moreover, the completely wrong desing, treatment as T1 (control) with the inclusion of 5 % of wheat afrecho and the remainder of treatment with the inclusion of 18 % of (wheat afrecho) T2, (rice cascarilla) T3, and (palmist), T4. This was an adaptation periodo of seven days, afterward the three days were gathering the detections and writing down the chicken's weight and excretas. The factors analyzed were affectuated across the method AOAC, these dates were processed in the infestat statistic packet, and the result was digestibility coefficient *in vivo* de MS, MO and GC obtain statistic difference ($p < 0,005$) inside the source of inclusion, fiber in variable different. In conclusion, the inclusion of 18 % of subproducts of crop practice in the production of chickens according to a variable of digestibility coefficient of 50 % is considered admissible and as a suggestion realize a test analysis of quality control of the source materials before being considered as diet.

Keywords: Fiber, digestibility, harvest residues, bromatológicos test, meat chickens.

3. Introducción

A nivel mundial la avicultura se ha constituido en una actividad de desarrollo, e incluso desde el siglo XX ya se dio paso a su explotación en grandes poblaciones a partir de otras disciplinas como la genética y nutrición, así como los procesos de crianza. En el caso del Ecuador, según Romero (2018) la avicultura representa una de las actividades fundamentales a nivel productivo.

La alimentación cumple un papel de suma importancia, puesto que representa aproximadamente el 70 % del rubro de producción total, en gran medida las materias primas son de origen proteico, energético y fibroso para formular las raciones, la mayoría de las cuales no se encuentran en el país, lo que conlleva a tener elevados costos de las dietas (Selva, 2017). Por otra parte, la deficiente producción científica que genera conocimiento sobre la utilización de subproductos de cosecha en el rendimiento productivo de pollos de carne se ha reflejado en elevados costos de la producción avícola (Silva, 2016).

Las características nutricionales de los desechos de cosecha y el escaso interés que tienen los productores por alternativas nutricionales que poseen, provocan un estancamiento en el crecimiento de la industria avícola de carne, y la mayoría de los avicultores, al no tener un conocimiento pertinente sobre la digestibilidad de las diferentes materias primas del país sobre todo de subproductos de cosecha, ni las instituciones que generan ciencia y tecnología que permitan ser más competitivos al disminuir sus costos de producción (Zhicay, 2016).

Por otro lado, hay que entender que las fibras de ambos tipos (solubles e insolubles) varían en torno a su comportamiento en los procesos digestivos y de absorción en el tracto gastrointestinal del animal, ejemplo de ello se tiene al afrecho de trigo que se clasifica como parte de la fibra insoluble, mejora la salud del tracto digestivo y reduce problemas metabólicos (Almeida et al., 2015). Sin embargo, en los últimos años el costo de esta materia prima se ha ido incrementando lo que limita su utilización (Hafez y Attia, 2020); Mientras que, la fibra soluble se verifica en cereales como la cebada y podría tener efectos contradictorios para el tracto gastrointestinal del ave, como una reducción de la tasa de conversión de alimento, así como otros problemas como el incremento de humedad y de la materia orgánica fecal (Pomboza et al., 2018).

Estudios sobre digestibilidad de fuentes fibrosas señalan porcentajes de inclusión que favorecen la digestibilidad como es, como es el caso de palmiste que pueden tolerar hasta el 20

% sin verse afectado su rendimiento como su eficiencia (Yeong, 1980). Por otra parte, la digestibilidad en aves maduras con respecto a la cascarilla de arroz oscila aproximadamente del 15 al 20 % tomando en cuenta que deben ser inferiores para la alimentación (Gallinger et al., 2003). En tanto el afrecho de trigo según, FEDNA (2015), da a conocer que la inclusión de esta fuente de fibra es ideal hasta un máximo del 12 % en pollitas de crecimiento de 6 a 20 semanas respectivamente. Por lo cual como fuente de fibra dietética posee 39 g de fibra referente a cada 100 g enmarcándose en el 5,07 % de fibra dietética soluble y el 94,93 % es insoluble (Falcón et al., 2011).

Considerando los antecedentes expuestos en la presente investigación se busca evaluar el efecto de las dietas sobre la digestibilidad de nutrientes en pollos criados en altura, con la finalidad de incluirlas como fuentes alternativas en la alimentación de aves. Logrando sacar el mayor de los provechos de fuentes de fibra, haciendo que esa ejecución en la producción avícola ayude a generar una economía sostenible logrando así reducir los costos que implican en la alimentación aprovechando lo que se tiene en el medio en que se vive. Para lo cual se planteó los siguientes objetivos:

- Conocer el efecto de la fuente de fibra en la digestibilidad de materia seca y materia orgánica en pollos parrilleros criados en altura.
- Analizar la digestibilidad de grasa en pollos de carne alimentados con diferentes fuentes de fibra.

4. Marco Teórico

4.1. Fibra dietética

Las dietas comerciales para aves, particularmente los pollos de engorde jóvenes, contienen típicamente menos de (3 %) de fibra cruda por kg de alimento (Sklan et al., 2003). También se manifiesta que los niveles bajos a moderados de contenido de fibra de hasta el 5 % (50 g por kg de alimento) pueden contribuir al desarrollo gastrointestinal y la salud de las aves. Por lo cual, mejora la absorción de nutrientes y el rendimiento del crecimiento (Tejeda y Kim, 2021).

El consumo de fuentes ricas en fibra insoluble en la dieta puede promover el desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI), especialmente el intestino anterior que enmarca proventrículo y molleja. Agregar un 3 % de fibra cruda, como avena, a la dieta puede acelerar el desarrollo gastrointestinal (Svihus, 2011). El nivel mínimo de fibra dietética total de leguminosas (guisantes), para pollos de engorde jóvenes es de 81,2 a 93,2 g/kg de alimento (25,6 a 35,0 g de fibra cruda por kg de dieta), y un exceso de fibra dietética total (93,2 g/kg adicionales) reduce la absorción de nutrientes y desempeño del crecimiento (Jiménez et al., 2011).

Varios de los componentes de fibra que se agregan al alimento para aves para reducir los costos de producción no son digeribles e impiden el crecimiento de las aves. Sin embargo, todas las fibras vegetales no son iguales, por lo tanto, tienen diferentes efectos fisiológicos sobre los pollos, y otros animales, la digestibilidad, el rendimiento del crecimiento y la fermentación microbiana (Bederska et al., 2017). Algunas fibras, especialmente los oligosacáridos alcachofa, cascarilla de arroz, entre otros. Cuando se agregan solos a los alimentos para aves, tienen un efecto prebiótico, fortalecen el microbioma intestinal beneficioso, mejoran la salud de la mucosa intestinal y aumentan la producción de ácidos grasos (Sánchez et al., 2021).

Por otro lado, Mtei et al. (2019) manifiestan que la fibra dietética disminuye el consumo de alimento y la absorción de nutrientes en las aves, pero el grado de reducción difiere según el tipo y contenido de fibra, así como la especie de ave. El contenido óptimo de fibra para diferentes tipos de pollitos no está claramente definido, ya que algunos estudios en pollos de engorde, pollitas y gallinas ponedoras han demostrado una mayor absorción de nutrientes de dietas con niveles moderados de fibra. Estas mejoras están relacionadas con los efectos positivos de la fibra sobre el desarrollo gástrico (Hetland et al., 2005).

La fibra dietética soluble (SDF) por lo regular tiene una estructura viscosa, lo que suma a la viscosidad del tracto digestivo y reduce la tasa de paso, lo que en última instancia reduce la disponibilidad de nutrientes (Mateos et al., 2012). Por el contrario, la fibra dietética insoluble (FDI) posee un componente estructural no viscoso, y estudios actuales en aves han demostrado que cantidades moderadas (20-30 g/kg) de FDI son provechosas para la absorción de nutrientes al aumentar el rendimiento. Por lo cual, agregar fibra insoluble a las dietas de los pollos de engorde puede ser una forma viable de aumentar la eficiencia alimenticia (Donadelli et al., 2014).

4.1.1. La fibra en la alimentación de aves

En nutrición, el término genérico “fibra” incluye polisacáridos no amiláceos (NSP), lignina y otros carbohidratos vegetales no digeribles, oligosacáridos y almidón resistente, además compuestos polifenólicos de lignina (Mudgil, y Barak, 2013). En este sentido, las fibras se clasifican en fibras detergentes neutras (FDN) compuestas por celulosa, hemicelulosa, lignina, y fibras detergentes ácidas (FAD) compuestas principalmente por celulosa y lignina (McCleary et al., 2012).

Por otro lado, Babatunde et al. (2021) reportan que la fibra es una parte esencial de la nutrición animal, responsable de aumentar la ingesta de alimentos, mejorar la salud, la motilidad intestinal y en proporcionar energía en forma de ácidos grasos volátiles (AGV) en pollos. Aunque existen problemas con el suministro de fibra, como una mayor viscosidad intestinal y una mayor retención de agua, los microorganismos presentes en el intestino posterior de los pollos de engorde pueden utilizar la fibra hasta cierto límite. Las fuentes comunes ricas en fibra incluyen salvado de trigo, cascarilla de arroz, almendras de palma y cascarilla de frijol (Zhao, 2020).

La fibra otorga excelentes beneficios para los pollos de temprana edad cómo es la cáscara de avena, es indicada como una fuente de fibra en la formulación de dietas en periodo de inició (González et al., 2010). Además, la suplementación de esta fuente de fibra (al 7,5 %) con el rol de enzimas ayuda en el proceso del intestino delgado, complementa la digestibilidad del alimento adicionalmente contribuye en la calidad de la carne en periodo de finalización (Abdel et al., 2018).

4.1.2. Efecto antinutritivo de la fibra dietética

Varios granos, como el salvado de trigo, la cáscara de arroz y la almendra de palma, pueden ser insolubles o solubles en ambos sentidos, lo que puede reducir la energía metabólica

aparente (EMA), lo que lleva a procesos antinutricionales en la industria avícola. La suspensión de nitrógeno y la digestión enzimática causan deficiencias en el crecimiento (Choct y Anison, 1992). Por lo tanto, la incorporación de fibra está limitada debido a algunos NSP, que pueden conducir a una mala absorción de lípidos asociada con la grasa (Chutkan et al., 2012).

Lo que enmarca en la viscosidad de la digesta que afecta radicalmente en la digestibilidad, lo que se piensa que en un índice alto de la viscosidad impide el paso adecuado de los alimentos, lo que después, reduce su degradación de enzimas endógenas que interviene en la mucosa (Montagne et al., 2003). Por lo que la viscosidad y la creación de la barrera física de NSP reducen la digestibilidad de nutrientes en las dietas afectando absolutamente la ganancia de peso en los pollos de engorde (Bautil y Courtin, 2019).

Las materias primas son muy primordiales hoy en día por su valor nutricional que estas poseen, pero a la vez, el fin de poder reemplazar con otras otorga grandes inconvenientes puesto que la disponibilidad de las mismas se ve deficiente esto se ve reflejado en sus composiciones nutricionales lo que causa un problema en su comercialización y utilización en las dietas de monogástricos (Campagna, 2015).

En el campo de la avicultura los animales no procesan la celulosa en gran eficacia como lo hace los rumiantes, viéndose en un consumo deficiente en la ganancia de peso, por ende, el consumo de fibra excesivo trae daños irreversibles en animales monogástricos, pero ayuda a mejorar la salud intestinal modificando por medio de diversos mecanismos (Menezes, 2020).

4.2. Digestibilidad

La digestibilidad es la proporción de un componente del alimento absorbido por un animal después de ser digerido en sustancias viables y se calcula como la cantidad de nutrientes consumidos menos la cantidad restante en las heces (Demarco et al., 2022). La digestibilidad se puede dividir en íleon y heces. La primera definición se refiere a la recolección de digestos de la unión ileal de pequeños animales sacrificados como aves, mientras que la segunda involucra la recolección y análisis de heces (Spínola et al., 2022).

Por otro lado, Escobar (2018), afirma que la digestibilidad ayuda a medir la utilización de nutrientes. Siendo fácilmente convertidos en sustancias ideales como nutrientes a través del TGI. Abordando lo que concierne a la digestión que hace referencia a la hidrólisis en los alimentos y la absorción de moléculas pequeñas en el intestino, establecido como un indicador de la eficiencia de la materia prima que en ocasiones varía notablemente de especie a especie.

De igual forma el coeficiente de la digestibilidad de alimentos consigue verificar la calidad y disponibilidad de nutrientes suministrado en la dieta (Martinez, 2022).

La absorción de nutrientes por el pollo no es completamente utilizada por su organismo. Parte de lo que se ingiere pasa a través del tracto digestivo y se encuentra en las heces. En las aves, la determinación de la digestibilidad es compleja y muy delicada. Los compuestos de la orina son principalmente nitrógeno, ya que las heces y la orina se excretan juntas a través del mismo orificio que la cavidad cloacal (Raji et al., 2015). Esta distinción se basa entonces en el hecho de que la mayor parte del nitrógeno en la orina se encuentra en forma de ácido úrico. Por ende, las necesidades y la composición de los alimentos se expresan como energía metabolizable (Ndelekwute et al., 2016).

El proceso que aborda la digestión es donde se ven involucradas las proteínas, grasas y carbohidratos complejos en gran medida los cuales son convertidos en partículas de menor tamaño esto para tener una mejor absorción y asimilación, la que se ve el papel enzimático involucrado en su medida de cambios químicos reflejados en los nutrientes al pasar por el tracto gastrointestinal cumpliendo su papel de la forma adecuada (Figuroa, 2020).

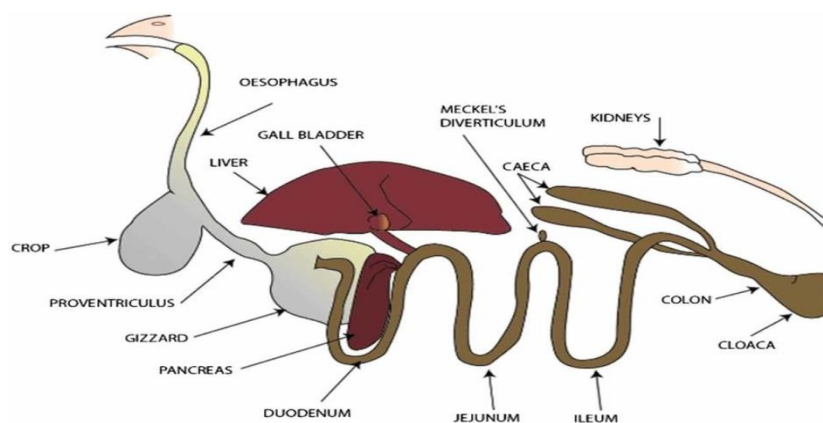


Figura 1. Tracto gastrointestinal (GIT).
Fuente: Yeoman et al. (2012).

4.2.1. Digestibilidad de nutrientes

La digestibilidad de los nutrientes aborda sobre sus propiedades de biodisponibilidad lo cual depende del animal, morfofisiología, composición del alimento y posible procesamiento (térmico y/o mecánico). Por ende, la porción digerible del alimento es la porción ingerida que no se encuentra en las heces, en la que la digestibilidad es un factor importante en el cambio del contenido energético del alimento (Théodora et al. 2019). Por lo que se visualiza en un valor

de pérdida del alimento no deficiente en el metabolismo alimentario en animales (Guang et al., 2021).

Las estimaciones de la digestibilidad de los nutrientes pueden variar según los siguientes factores: metodología de prueba; factores aviarios, tipo de ave, raza, edad y sexo, componentes dietéticos; como el tipo y contenido de fibra y factores antinutricionales (Ravindran, 2017). Sin embargo, se informaron resultados contradictorios sobre la absorción de nutrientes debido a los efectos de las especies de aves, y el consumo de fibra dietética (Hervik y Svihus, 2019).

Por otra parte, Ramos y Vásquez (2016) mencionan que se deben considerar varios factores que influyen en la digestibilidad, como la edad del animal, estado fisiológico e inclusive la temperatura, aunque no se notara cambios notables como es en la demora del tránsito del bolo digestivo que tarda menos tiempo en pequeñas especies que en grandes pero la digestibilidad es la misma en ambos casos.

El porcentaje nutritivo de un nutriente radica principalmente en la composición química, que pueden determinar el valor nutritivo teniendo en cuenta que el valor potencial del alimento es siempre menor concerniente al valor real referente a que se da pérdida en el proceso de digestión y absorción dando como evidencia que una parte del alimento no se absorbe y se excreta en las heces, reflejando que todo esto depende de la digesta del alimento (Méndez et al., 2009).

Los alimentos poseen componentes orgánicos de manera de moléculas insolubles que se descomponen en compuestos más simples que pueden pasar las membranas mucosas del tracto digestivo y eventualmente ingresar al torrente sanguíneo (Abarca, 2021). Este proceso de descomposición se lo conoce como digestión, y la absorción es el proceso por el cual los nutrientes se digieren por medio de las membranas mucosas. Después de eso, comienza el metabolismo, en el que intervienen las sustancias formadas durante la digestión. Según McDonald et al. (2005) la digestión se divide en tres importantes procesos: mecánico, químico y microbiano.

Las aves llevan a cabo una actividad mecánica en el tracto digestivo gracias a las contracciones musculares. Las enzimas presentes en los diversos jugos gástricos son responsables de las acciones químicas que tienen lugar en el proceso digestivo. Además, la digestión microbiana, también conocida como enzimática, se produce debido a las enzimas

liberadas por bacterias y protozoos que se encuentran en el intestino grueso, y en menor medida, en el buche de las aves (McDonald et al., 2005).

Funciones relevantes en cuanto a la digestión química de alimentos y la trituración mecánica de los nutrientes, el tubo digestivo de las aves ayuda a la regulación del consumo de nutrientes por medio de la inducción de señales vagas inducida por medio de estiramiento y la actividad muscular; acompañado de señales humorales, siendo grelina, gastrina y colecistoquinina, acompañado de la restricción del paso del alimento por medio de la molleja a través del duodeno (Svihus, 2011).

4.3. Métodos Gravimétricos para la Evaluación de Nutrientes

4.3.1. Digestibilidad de materia seca (MS)

La materia seca enmarca lo que es materias minerales y de materias orgánicas, siendo la primera que aborda a la extracción de cenizas posteriormente de la combustión completa de la materia viva. Por ende, la segunda se refiere a lo que se ha incinerado y tiene elementos ideales siendo Carbono, Oxígeno, Hidrogeno y Nitrógeno. Las materias minerales juegan un rol ideal en la nutrición los que interviene Sodio (Na), Calcio (Ca), Fósforo (P) y Potasio (K) (Mariño y Roa, 2021).

Digestibilidad de la materia seca es la porción de la materia seca en un alimento que es digerida por los animales en un nivel específico de consumo de alimento. La digestibilidad de la materia seca son determinantes muy importantes para evaluar los nutrientes absorbidos (Tejeda y Kim, 2021).

Para determinar la MS según AOAC 934.01, se realiza el secado a 65 °C, sin eliminar el agua a muy baja presión de vapor de la muestra es indispensable someterla a una temperatura superior a 105 °C por el tiempo de 4 horas hasta llegar a un peso constante; la pérdida de peso obtenido aquí indica la humedad retenida mediante la prueba y relacionándola con la pérdida de peso obtenida por secado a 65 °C, este ayuda a determinar el porcentaje total de la muestra, utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

HT = Humedad total en porcentaje

HI = Humedad inicial en porcentaje

HH = Humedad higroscópica en porcentaje

% MS = 100 - %H

4.3.2. Digestibilidad de materia orgánica (MO)

La materia seca consiste en todos los nutrientes, mientras que la materia orgánica consistió en todos los nutrientes excepto las cenizas. La digestibilidad de la materia orgánica es la proporción de MO en el alimento que aparentemente se digiere en el total del tracto digestivo. La digestibilidad de la MO se puede utilizar para medir la energía disponible y estimar la síntesis microbiana de proteínas (Tejeda y Kim, 2021).

Según AOAC 923.03 las cenizas reflejan el contenido en minerales del alimento, y se enmarca en el inferior del 5 % de la MO de los alimentos, estas cenizas se determinan como el residuo restante que queda al quemar en la mufla los componentes orgánicos a 600 °C durante 4 horas; donde el agua como los vapores son volatizados y la materia orgánica se quema en presencia de oxígeno en aire a CO₂ y óxidos de N₂. Por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cenizas en base seca} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

4.3.3. Digestibilidad de grasa cruda (GC)

Es la proporción de grasa en el alimento que aparentemente se digiere en el total del tracto digestivo; este parámetro en las aves de corral se ha medido generalmente sobre el tracto total, además, se ha determinado que el principal componente de las grasas y aceites son los ácidos grasos (AG), por lo que, la digestibilidad de las grasas depende principalmente del perfil de ácidos grasos (Skivan et al., 2018).

La extracción de grasa cruda se lleva a efecto mediante el procedimiento de AOAC 948.22. En primer lugar, se pesa un balón que ha sido previamente lavado y secado a una temperatura de al menos 130 °C durante una hora. Luego, se prende el extractor de grasa y en el condensador se habilita el flujo de H₂O. Los dedales de celulosa con el espécimen se colocan en el sifón del Soxhlet, y se añade un solvente en los balones, que generalmente es de 200 ml. A continuación, se ensambla el dispositivo, acoplando el esférico con el sifón, posteriormente se colocan en el condensador. La parte superior del condensador se cierra con un desecante, en este caso, sulfato

sódico anhidro, que está envuelto en algodón para evitar que entre vapor de agua y condense. Una vez preparado el equipo, se inicia el proceso de extracción.

Se comprueba el nivel adecuado de reflujo y, posteriormente, se retiran los dedales. Luego, se procede a destilar la mayor cantidad posible de solvente hasta que la muestra quede completamente seca. Los balones del extractor de grasa se retiran y se colocan en la Sorbona, donde se completa la evaporación del solvente a baja temperatura. Posteriormente, los balones se trasladan a la estufa y se someten a una temperatura de 130 °C durante 30 minutos para eliminar cualquier residuo de solvente y la humedad que pudiera quedar.

Finalmente, los balones con la grasa se trasladan a un desecador, donde se enfrían hasta alcanzar la temperatura ambiente, y luego se pesan para determinar el contenido de grasa.

La cantidad de grasa presente se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso de matraz vacío}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

4.4. Fuentes de fibra

4.4.1. Afrecho de trigo

El afrecho, también conocido como salvado de trigo, es un subproducto esencial de la molienda para obtener fibra insoluble, principalmente arabinosilano y, en menor medida, celulosa y β -glucano adicionalmente vitaminas y minerales (Chaquilla et al., 2018). Se ha demostrado que el salvado de trigo altera la función digestiva del proceso, relacionándose con la regulación de la fisiología gastrointestinal, el tiempo de vaciado gástrico y finalmente la tasa de tránsito intestinal (De Mora, 2015).

Además, se ha discutido que el arabinosilano derivado del salvado de trigo promueve la salud intestinal dentro del microbioma intestinal, ayudando a proporcionar beneficios significativos en la eficiencia alimenticia de las aves productivas al mejorar la digestibilidad de una forma u otra, pero no afecta la función digestiva (Kim et al., 2006).

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

Categoría	Cantidad
Pollos 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: FEDNA (2015).

En un estudio realizado por Shang et al. (2020), manifiestan que la suplementación de 30 g/kg de afrecho de trigo se demuestra una mejoría de la digestibilidad de los alimentos puesto que ayuda en el desarrollo de la molleja, y como complemento en las actividades de las enzimas nutritivas intestinales y la eficiencia alimenticia en las aves. Sin embargo, afrecho de trigo posee ácido fítico que afecta en la absorción de minerales como calcio, magnesio, hierro y zinc, esto se da debido a los complejos fitatos - minerales que se forman (De Mora, 2015).

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

Componentes	Cantidad
Humedad	12,6
Cenizas	5,4
PB	15,4
EE	3,3
Grasa verd. (% EE)	72
FB	11,1
FND	40,3
FAD	13,4
LAD	3,6

Fuente: FEDNA (2015).

4.4.2. Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz comúnmente se la ha utilizado como medio de cama en el campo avícola, por su bajo costo y su capacidad absorben la misma que posee sílice (SiO₂) y procedentes, no contienen lignina, logrando que no sea perjudicial para patas y piel del ave (Kheravii et al., 2017). Además, tiene poca incidencia de absorción que está compuesta de pequeñas partículas la cual sino se hace un buen manejo a la hora otorgar a los pollos puede ocasionar atragantamiento e intoxicaciones.

La cascarilla de arroz compuesta principalmente por fibras, celulosa y minerales, son restringidos en su utilización para la elaboración de dietas para animales, dando por su elevado

contenido de SIO₂ que perjudica la digestibilidad (Arcos et al., 2007). En comparación con otras fuentes de fibra como la cascarilla de trigo o salvado, cuya fibra es saludable su absorción en el tracto gastrointestinal, no es comestible lo que no posee propiedades nutritivas sobresalientes (Sierra, 2009).

Sierra (2009), manifiesta que el contenido de celulosa es del 40 % promedio dándose como nulo por ser deseco y al no darle un adecuado manejo influye en su uso, por ende, su aprovechamiento no debe ser mayor al 5 % en la alimentación de los animales. Por otra parte, en un estudio realizado por Rezaei y Hajati (2016) abordan que la dilución del alimento con el 20 % de inclusión de cascarilla de arroz en el lapso de 16 a 20 días de edad no interfiere sobre el rendimiento de los pollos de producción.

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

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

Fuente: Ruilova y Hernández (2014).

4.4.3. Palmiste

El palmiste o torta de palmiste (TP) se obtienen de las palmeras africanas que producen frutos de los que se obtiene aceite para consumo humano, dando un sobrante de acacia, que se tritura se convierte en palma concerniendo el nombre de palmiste (Herrera, 2012). Es ideal como suplemento nutricional para animales debido a sus propiedades nutricionales que pueden ser suministrados solos o en combinación con otras materias primas para una mejor ingesta por parte de los animales (Martínez et al., 2021).

La TP se utiliza en la nutrición animal tanto para rumiantes como para monogástricos, aportando energía y proteínas que pueden sustituir en gran medida a la harina de soja o de maíz (Keong, 2005). A pesar del riesgo de formación de micotoxinas, tiene una textura espesa y un

contenido de grasa y humedad que es fácil de manejar, pero asegura un buen manejo y un control de rutina idóneo (Cadillo et al., 2019).

Por su alto valor de fibra que posee en el campo de la avicultura su uso es prácticamente limitado, lo cual hace que sus raciones sean estrictamente controladas en gran medida teniendo en cuenta la edad del ave, esto se refleja en cuanto al origen y variaciones que posee tanto de aceite como de las cascarras de la torta de palmiste (Wan y Alímon, 2005). Según Yeong (1980), indica que los pollos de engorde soportan del 15 hasta 20 % de palmiste sin verse perjudicado su eficacia como productividad.

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

Categoría	Cantidad
Pollos 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: (FEDNA, 2015).

Por otra parte, la digestibilidad de la proteína del palmiste animales no rumiantes es considerablemente mínima oscilando (50 – 65 %), motivo de que posee alto nivel de fibra. Por lo que, la proteína en aminoácidos esenciales es pésimo dando un valor alterado en metionina (1,8 % sobre PB), al contrario, en lisina (3,2 %) y treonina (3,0 %) (FEDNA, 2015).

Tabla 5. Composición química del palmiste (%)

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

Fuente: FEDNA (2015).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La investigación en cuestión fue llevada a cabo en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA) “Quinta Experimental Punzará” de la Universidad Nacional de Loja. Este centro está situado a una altitud de 2160 metros sobre el nivel del mar y se encuentra en las coordenadas 698698 al este y 9552930 al sur, en la parte suroeste de la ciudad de Loja, dentro de los terrenos de la Universidad Nacional de Loja, en el lado derecho de la avenida Reinaldo Espinoza. En términos de condiciones meteorológicas, la temperatura varía entre 12 y 18 °C, con un promedio de 15,5 °C, mientras que las precipitaciones anuales alcanzan los 1058 mm. La humedad relativa promedio en esta área se sitúa en un 70 %.



Figura 2. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara
Fuente: (Google Maps, 2023).

5.2. Procedimiento

5.2.1. Animales e instalaciones

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 64 pollos adultos, de la línea Cobb 500 de 42 días de edad con un peso promedio de 7075 g. Los cuales se alojaron aleatoriamente en jaulas metabólicas de malla galvanizada de 28 cm x 72 cm² la cual cada uno contaba con comedero metálico, bebedero tipo niple y bandeja para recolectar las deyecciones, las mismas que fueron rotuladas de acuerdo a cada tratamiento. La infraestructura y utensilios se fumigaron previamente con el desinfectante amonio cuaternario 5 ml por cada litro de agua.

5.2.2. Dietas experimentales

Las dietas se formularon en base a los requerimientos nutricionales de la línea Cobb Vantres 500 en etapa de finalización. Se elaboraron cuatro raciones experimentales: Tratamiento 1 (control) con inclusión del 5 % de afrecho de trigo en tanto, el Tratamiento 2 (18 % afrecho de trigo), Tratamiento 3 (18 % cascarilla de arroz), y Tratamiento 4 (18 % palmiste).

Las cuatro dietas experimentales van a tener una restricción del 10 % con base a la energía y proteína, es decir, en lugar de formular al 20 % de proteína se va hacer al 18 % con 2770 kilocalorías de energía metabolizable, lo cual para crecimiento equivale al 20 % de 3060 de proteína sustituyéndolo por fibra.

Dentro de las formulaciones de estas dietas se consideró la utilización de ingredientes como fuentes de inclusión: maíz, afrecho de trigo, cascarilla de arroz, palmiste, arrocillo, torta de soya, aceite de palma, aceite de girasol, carbonato de calcio, fosfato monocalcico, sal, bicarbonato de Na, HCL -Lisina, DL – metionina, treonina, pigmento, atrapador de toxinas, coccidiostato (Dicazulil), ProBioenzyme (complejo enzimático) y premix.

En la Tabla 6 se da a conocer las materias primas que se utilizaron para la formulación de las diferentes dietas experimentales.

Tabla 6. Composición de las diferentes dietas experimentales para pollos de carne (%).

Ingredientes	Dietas experimentales			
	Control	Afrecho de trigo	Cascarilla de Arroz	Palmiste
Maíz	60,55	45,44	45,44	45,44
Arrocillo	0,00	0,00	0,00	0,00
Afrecho de trigo	5,00	18,00	0,00	0,00
Cascarilla de arroz	0,00	0,00	18,00	0,00
Palmiste	0,00	0,00	0,00	18,00
Torta de soya	26,23	19,67	19,67	19,67
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	11,45	11,45	11,45
Fosfato monocalcico	0,70	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

DL – Metionina	0,40	0,47	0,47	0,47
Treonina	0,24	0,33	0,33	0,33
Pigmento	0,10	0,10	0,10	0,10
¹ Atrapador de toxinas	0,20	0,20	0,20	0,20
² Coccidiostato (Dicazulil)	0,02	0,02	0,02	0,02
³ ProBioenzyme (complejo enzimatico)	0,05	0,05	0,05	0,05
⁴ Premix	0,15	0,15	0,15	0,15
<i>Composición química calculada</i>				
Energía Metabolizable (EM)	3050	2626,08	2446,08	2687,08
Proteína Bruta (PB)	21,03	19,02	16,72	22,11
Grasa Cruda (GC)	10,16	13,21	18,94	17,16
Fibra bruta (FB)	3,03	3,68	10,12	5,27
<i>Composición química analizada, % MS</i>				
Materia seca	88,8	86,6	84,8	88,1
Ceniza	6,43	6,06	14,98	11,28
Grasa cruda	5,05	3,94	3,77	5,21
Proteína bruta	17,23	18,96	17,93	19,83

¹Atrapador de toxinas, Pared Celular de Levadura 300000 mg, Clinoptiloite 350000 mg, Bentonita 350000mg.

²Coccidiostato, Clopidol 25 g, Excipientes c.s.p 100 g.

³ProBioenzyme, Proteasa ácida 2 800 U, β -Amilasa 45 000 U, β -mananasa 23 000 U, Xilanas 192 000 U, β -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.

⁴Premix, 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 c.s.p. 3000 mg.

5.2.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con 4 tratamientos, 4 unidades experimentales y 4 unidades observacionales respectivamente, con un total de 64 pollos.

5.2.4. Fase de campo

Se aplicaron cuatro tratamientos el control (5 %) y los tres restantes con el nivel del 18 % respectivamente. Las aves se sometieron a un periodo de adaptación de las distintas dietas experimentales por el periodo de una semana (7 días) y 3 días de experimento. Se suministro agua y alimento sin restricción, al final de la investigación se cuantifico el consumo real de las

diferentes dietas suministradas así mismo se realiza la colecta diaria de las deyecciones las mismas que fueron pesadas individualmente posteriormente fueron selladas y empaquetadas en fundas ziploc para ser pesadas por medio de una balanza digital de alta de alta precisión (SB32001), aquellos datos se registraron cada día y posteriormente las muestras fueron trasladadas al laboratorio para el análisis de la composición química correspondiente.

5.2.5 Fase de laboratorio

5.2.5.1 Análisis de laboratorio

Para el análisis de la composición química de las dietas y deyecciones se emplearon los protocolos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2016) para determinar materia seca (945,15/950,46B), cenizas (923,03) y grasa (948,22).

5.2.5.2 Variables de estudio

Estos parámetros se midieron por tres días seguidos a través de las siguientes fórmulas de medición: Digestibilidad de materia seca (DMS), Digestibilidad de materia orgánica (DMO) y Digestibilidad de grasa cruda (DGC).

5.2.5.2.1 Digestibilidad de materia seca (DMS)

Esta variable se calculó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

5.2.6.2.2 Digestibilidad de materia orgánica (DMO)

Se calculó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

5.2.6.2.2 Digestibilidad de grasa cruda (DGC)

Se determinó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

5.4. Procesamiento y análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza, utilizando el procesamiento estadístico Infostat, en el cual se considerarán como principales factores de variación las dietas. Para comparar las medidas se utilizará el test de tukey. Los p -valores $<0,05$ serán considerados como significativos.

5.5. 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.

6. Resultados

6.1. Composición Química de las Dietas y Heces

En la tabla 7 y 8 se observa el análisis de la composición química tanto de las dietas como de las heces de los tratamientos con diferentes fuentes de fibra.

Tabla 7. Análisis de la composición química de las dietas (%).

Indicadores	Fuentes de fibra			
	Control	Afrecho de trigo	Cascarilla de arroz	Palmiste
Materia seca	88,8	86,6	84,8	88,1
Materia orgánica	93,57	93,94	85,02	88,72
Proteína bruta	17,23	18,96	17,93	19,83
Grasa cruda	5,05	3,94	3,77	5,21

El porcentaje de MS del grupo control (5 %) de afrecho de trigo, T2 (18 %) de afrecho de trigo, T3 cascarilla de arroz y T4 palmiste respectivamente fue de 88,8; 86,6; 84,8 y 88,1 %; de MO de 93,57; 93,94; 85,02 y 88,72 %; de PB 17,23; 18,96; 17,93 y 19,83 %. Finalmente, GC de 5,05; 3,94; 3,77 y 5,21 %, según corresponda.

Tabla 8. Análisis de la composición química de las heces (%).

Indicadores	Tratamientos con inclusión de fibra			
	Control	Afrecho de trigo	Cascarilla de arroz	Palmiste
Materia seca	11,76	13,62	18,72	16,83
Materia orgánica	77,40	65,15	61,19	66,20
Grasa cruda	4,43	4,40	2,79	3,65

Se muestra los resultados de los diferentes tratamientos con inclusión de fibra de las heces colectadas de pollos utilizados en la investigación, evidenciándose valores de MS de 11,76; 13,62; 18,72 y 16,83 % en tanto, MO de 77,40; 65,15; 61,19 y 66,20 % y, por último, GC se refleja valores de 4,43; 4,40; 2,79 y 3,65 % respectivamente.

6.2. Análisis de Digestibilidad

La tabla 9, se muestra el análisis del porcentaje de digestibilidad de las diferentes fuentes de fibra evaluadas.

Tabla 9. Análisis del coeficiente de digestibilidad *in vivo* de nutrientes (%).

Indicadores	Digestibilidad (%)				E.E	P. valor
	Control	Afrecho de trigo	Cascarilla de arroz	Palmiste		
MS	77,17 ^a	68,33 ^b	60,35 ^c	63,81 ^{bc}	1,73	0,0001
MO	81,11 ^a	77,99 ^{ab}	71,47 ^c	72,94 ^{bc}	1,41	0,0014
GC	79,90 ^a	64,73 ^b	70,65 ^{ab}	74,68 ^a	2,32	0,0041

MS (materia seca), MO (materia orgánica) y GC (grasa cruda).

La digestibilidad de MS, MO y GC presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos siendo ($p < 0,05$).

Evidenciado en el caso de MS fue mayor en el tratamiento uno, correspondiente al control con 71,17 %, seguido del tratamiento dos con 68,33 %; y en menor nivel las dietas con palmiste y cascarilla de arroz con valores de 63,81 y 60,35 % respectivamente.

Mientras, que para MO presentó el mayor rango de digestibilidad fue el tratamiento control con 81,11 %, en tanto, los tratamientos dos y cuatro son similares con valores de 77,99 y 72,94 % respectivamente; mientras que el tratamiento tres (cascarilla de arroz) resultó inferior que todos, con un coeficiente de digestibilidad del 71,47 %.

Finalmente, la digestibilidad de GC presentó superioridad en el tratamiento control con el 79,90 %, seguido de los tratamientos de palmiste y cascarilla de arroz con porcentajes de 74,68 y 70,65 %, reflejándose en menor nivel el tratamiento dos (afrecho de trigo) con el 64,73 % respectivamente.

7. Discusión

7.1. Digestibilidad de materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO)

El coeficiente de DMS y DMO fue superior en el tratamiento control (5 % de afrecho de trigo) con el 77,17 y 81,11 %, respectivamente, valores que son superiores a los reportados por Shang et al. (2020), quienes al incluir 3 % de afrecho de trigo en la dieta de pollos Arbor Acre machos a los 42 días, obtuvieron 75 % de DMS y 79 % de DMO. Por otra parte, un estudio realizado por Rabie et al. (2006), en pollos de la línea Hubbard de 35 días de edad con la misma fuente de fibra como ingrediente, con nivel de inclusión del 15 % obtuvieron resultados similares de DMS de 78,02 y 81,48 % de DMO. En cambio, Elmasry et al. (2007), quienes al incluir 10 % de afrecho de trigo en pollos de 35 días de edad, reportando DMS de 72,83 %.

En el tratamiento dos (18 % de inclusión) de afrecho de trigo se alcanzaron valores de DMS de 68,33 % y DMO de 77,99 % valores que son inferiores a los obtenidos en la investigación de Rabie et al. (2006), quienes utilizaron la misma fuente de ingrediente en nivel de inclusión del 30 % encontrando de DMS 77,38 % y 80,85 % de DMO. En tanto, Zhang et al. (2022) con salvado de trigo fermentado con un nivel de inclusión del 25 % reportaron el 74,41 % de DMS, en pollos de engorde de 35 días, valor superior a los encontrados en el presente estudio.

Choct y Annsion (1992) reportan que el afrecho de trigo ocasiona efectos antinutricionales provocando una disminución de la energía metabolizable aparente (AME), digestión del almidón, retención de N y otros nutrientes asociados. Por lo que la inclusión de un alto nivel de fibra debe limitarse ya que ciertos NSP pueden fusionarse a ácidos biliares, dando una mala absorción de lípidos, un bajo nivel de AME y un crecimiento deficiente (Mateos et al., 2012). Por lo que FEDNA (2015) recomienda la incorporación máxima del 12 % puesto que ayuda a mejorar el estado antioxidante y la eficacia alimenticia en pollos de engorde.

Bederska et al. (2017) y Montagne et al. (2003) mencionan que el afrecho de trigo la viscosidad de la digesta es principalmente uno de los factores que afectan la digestibilidad. Por lo que una alta viscosidad interfiere con la difusión eficaz de los nutrientes, disminuyendo paulatinamente su disgregación y transporte por enzimas endógenas en la superficie de la mucosa. Por ende, los factores adversos de los pentosanos al igual que los arabinosilanos y arabinogalactanos, radican en el nivel de polimerización, dando un aumento de viscosidad (Choct y Annsion, 1992).

Respecto a la inclusión con palmiste con el coeficiente de DMS y DMO con el 63,81 y 72,94 % con una inclusión del 18 %, contrastando con un estudio realizado por Alshelmani et al. (2016) expresa que 10 y 15 % de la torta de palmiste en la nutrición de pollos de engorde, tanto en fases de inicio como de finalización, no se ve afectada la DMS y DMO por lo que en el mismo estudio recomienda que la inclusión de esta fibra en los niveles de 10 hasta un máximo del 15 % respectivamente no repercutirá en un impacto negativo en los rendimientos de crecimiento y de la canal. Además, no comprometerá la microflora intestinal, la morfología, la digestibilidad de los nutrientes y el sistema inmunológico.

Sundu et al., (2006), Alemawor et al. (2009) Jiménez et al. (2009) y Sundu et al. (2008) señalan que la formulación de dietas para pollos se basa en la digestibilidad y la absorción respecto a la dieta, que un gran porcentaje de las fibras dietéticas como la torta de palmiste se presentan de forma de mananos, que no es hidrolizado por las enzimas digestivas en animales monogástricos. Además, las moléculas de fibra no digeribles podrían aumentar la tasa de paso de la ingesta y disminuir la absorción de nutrientes (Montagne et al., 2003). La presencia de un alto contenido de NSP, además, la TP tiene diferentes factores antinutricionales, como 0,40 % de ácido tánico, 6,62 mg/g de fósforo de fitina, 23,49 mg/g de ácido fítico y 5,13 mg/g de oxalato, que tiene efectos adversos sobre la calidad nutricional de la TP (Ankinyeye et al., 2011).

Finalmente, el tratamiento tres, cuya fuente de fibra fue la cascarilla de arroz al 18 % de inclusión, los coeficientes de digestibilidad de MS y MO fueron 60,35 y 71,47 % respectivamente estos valores son inferiores a los reportados por Adibmoradi et al. (2016) quienes utilizaron este mismo ingrediente en niveles de inclusión en 0,75 y 1,5 % de la línea Ross 308 de las dietas para pollos del rango de 34 a 36 días de edad. En este estudio los autores reportan un coeficiente de digestibilidad de materia seca de 76,45 % con nivel de inclusión del 0,75 % y 74,83 % al 1,5 % correspondientemente. Por otra parte, Alabi et al. (2014) en su ensayo con pollos Arbor, de 21 días con un nivel de inclusión de 25 % de cáscara de arroz reportaron DMS de 89,34 % siendo superiores a nuestros resultados. En su parte, Jiménez et al. (2010), quienes utilizaron como fuente de fibra la cáscara de avena a un 30 % encontraron que existió una mayor retención total aparente, tanto de materia seca como de materia orgánica, en sus ensayos con pollos de carne.

Puesto que, en un estudio realizado por Aderolu et al. (2007) se pudo determinar que la cascarilla de arroz no es idónea para su inclusión en la alimentación de monogástricos como las

aves, esto debido a su problema de baja digestibilidad de nutrientes, por su alto contenido de fibra y elevado contenido de sílice/ceniza, por su naturaleza abrasiva de los componentes, lo que hace difícil su degradación limitando su utilización como ingrediente para dieta para los animales. Por lo que Hartini et al. (2019) en su estudio evidencio que la inclusión de cascarilla de arroz en pollos de la línea Lohmann con 21 días de edad al 4 % es ideal para mejorar el rendimiento de crecimiento de los pollos.

7.2. Digestibilidad de grasa cruda (DGC)

Las grasas proveen excelentes beneficios nutricionales dado por su elevada energía metabolizable. Por ello, para alcanzar estos beneficios, las grasas deben ser digerida y absorbidas, las que no se ven afectadas solamente por la fuente de lípido, sino adicionalmente otros factores como es, edad de los animales, los pollos jóvenes no utilizan las grasas con la misma eficiencia que los adultos, la que está íntimamente relacionado con la longitud de la cadena del ácido graso, del nivel de saturación, así como a la limitada capacidad fisiológica del tracto digestivo (Brickett et al., 2007).

El tratamiento control teniendo como fuente de fibra la inclusión de afrecho de trigo al 5 % fue el mejor coeficiente de DGC fue de 79,90 % siendo mayor a los reportados por Elmasry et al. (2007), quienes al incluir 10 % de afrecho de trigo en pollos de 35 días de edad, obteniendo 45,10 % en su ensayo. De igual forma Rabie et al. (2005), quienes utilizaron este mismo ingrediente en niveles de inclusión del 15 % de afrecho de trigo en la dieta de pollos Hubbard de 35 días de edad reportaron DGC de 74,34 % respectivamente. Con respecto al tratamiento dos utilizando el mismo ingrediente, con un nivel de inclusión del 18 % se reporta DGC de 64,03 % reflejando que es inferior al anterior estudio lo que constata que a mayor nivel de inclusión menor digestibilidad de grasa cruda respectivamente. Por otro lado, un estudio llevado a cabo por Saheed et al. (2018) con pollos de la línea Ross 308 con inclusión de 20 % de salvado de trigo teniendo una digestibilidad de grasa cruda el 61,08 % siendo menor a los obtenidos en nuestra investigación.

La DGC del palmiste con un coeficiente de digestibilidad de GC 74,68 % con una inclusión del 18 %, resultados que son inferiores a los de Ariyo et al. (2019), que en sus ensayos de experimentación con pollos de la línea genética Marshall de 21 días, con una inclusión del 30 % de palmiste reportan DGC 76,82 %. Alshelmani et al. (2016) manifiestan que 10 y 15 % de la torta de palmiste en la nutrición de los pollos de engorde en las etapas de inicio como de finalización donde no existe variación estadística de grasa cruda (GC).

Por otra parte, Alshelmani et al. (2016) reportaron que una inclusión mayor al 10 % de la torta de palmiste debe ser respaldada, con un buen procesamiento en su extracción, caso contrario implicaría tener problemas en los parámetros productivos de pollos de carne, es decir, no realizarlo de la forma correcta esto se ve reflejados en el rendimiento de las aves.

Edwards et al., (2010), Anaeto et al. (2009) y Agwu et al. (2008) mencionan que la inclusión de torta de palmiste en la dieta de aves de corral se recomienda hasta un máximo del 20 % puesto que esta esté rango no se presentan efectos contraproducentes en el rendimiento de las aves, lo cual lo hace una alternativa ideal y eficaz para el remplazo como es en el caso del maíz.

En cambio, Sundu et al. (2006) dan a conocer que la inclusión de palmiste es segura hasta el 40 % en la dieta teniendo en cuenta que la nutrición de los animales sea equilibrada en lo que concierne en aminoácidos y energía metabolizable. Sin embargo, la digestibilidad del alimento se ve reducido por el alto contenido de fibra dietética del palmiste, por lo que la ingesta del alimento aumenta.

Concerniente a la cascarilla de arroz la DGC contiene el 70,65 % siendo menor a los publicados por Adibmoradi et al. (2016) en aves de la línea Ross 308 de 42 días en niveles de inclusión de 0,75 % dando 80,11 y al 1,5 % representando el 78,93 % puesto que a este nivel de inclusión mejoro la ganancia de peso y conversión alimentación dando a reflejar que los pollos requieren una cantidad mínima de fibra dietética en la dieta para lograr el rendimiento de crecimiento idóneo. En tanto, Aderibigbe, et al. (2018) con pollos Arbor Acre de cinco semanas de edad con diferentes niveles de inclusión de cascara de arroz con enzima xilanasa obteniendo al 10 % el 57,40 y al 20 % reflejando 56,90 % datos que son inferiores a los reportados en la presente investigación. Por lo cual mientras, más alto sea la inclusión de esta fuente de fibra la digestibilidad se ve afectada por los diferentes compuestos que este posee hace que su utilización sea limitada en gran medida.

8. Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye:

- Las fuentes de fibra como el afrecho de trigo con inclusión del 5 y 18 % presentaron digestibilidades altas, de materia seca y materia orgánica en pollos de la línea Cobb 500.
- Que la inclusión del 18 % de cascarilla de arroz y palmiste se obtuvieron digestibilidades de materia seca y materia orgánica aceptables, tomando en consideración el alto grado de lignificación y sílice que contienen.
- Los tratamientos con los diferentes niveles de inclusión de fuentes de fibra presentaron porcentajes de digestibilidad de grasa cruda superiores al 64 % catalogándolas como una digestibilidad aceptable.

9. Recomendaciones

- Llevar a cabo estudios con los niveles de inclusión de las diferentes fuentes de fibra que se implementó en la investigación, en pollos en etapa de inicio con el propósito de evaluar el porcentaje de digestibilidad de nutrientes.
- Conseguir materias primas de buena calidad especialmente en lo sanitario y después de realizar la dieta, llevar a cabo un almacenamiento idóneo con la finalidad de evitar contaminación.
- Efectuar nuevas investigaciones con otros subproductos de cosecha que existen en la provincia de Loja, con la finalidad de conocer si son idóneas como fuente de alimentación en producciones avícolas.

10. Bibliografía

- Abarca, L. (2021). *Efectos de las enzimas digestivas en la producción de engorde*. [Tesis de Pregrado – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Abdel, A., Tawfeek, S., El-Nahass, E., Hassan, A. y Youssef, M. (2020). Effect of feeding potato peels and sugar beet Pulp with or without enzyme on nutrient digestibility, intestinal morphology, and meat quality of broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 8(2); 189-199.
- Aderolu, A., Iyayi, E. y Onilude, A. (2007). Changes in Nutritional Value of Rice Husk during *Trichoderma viride* Degradation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 13, 583-589.
- Adibmoradi, M., Navidshad, B. y Faseleh Jahromi, M. (2016). 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*, 15(2), 310-317.
- Akinyeye, R., Adeyeye, E., Fasakin, O. Agboola, A. (2011). Propiedades fisicoquímicas y factores antinutricionales de los productos de frutos de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) del estado de Ekiti, Nigeria. *Revista Electrónica de Química Agrícola Ambiental*, 10, 2190–2198.
- Alemawor, F., Dzogbefia, V, Oddoye, E, y Oldham J. (2009). Cóctel de enzimas para mejorar la utilización avícola de la cáscara de la mazorca de cacao. *Ciencia Res. Ensayo*. 4 :555–559.
- Almeida, S., Aguilar, T. y Hervert, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. In *Anales Venezolanos de Nutrición* 27(1); 73-76.
- Arcos, C., Maciaz, D. y Rodriguez, J. (2007). La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (41); 7-20.
- Ariyo, O., Timilehin, J., Olowatosin, O. y Taiwo, E. (2019). Broiler Chickens' Performance and Prebiotic – potential of Wheat Offal and Palm Kernel Care Supplemented with Xylanase. *Tropentag*, 18-20.

- Alabi, O., Atteh, J. y Ogunniyi, P. (2014). Effect of Dietary Inclusion of Rice Husk Supplemented with Commercial Enzymes on Performance, Nutrient Retention and Gastro-intestinal Tract Characteristics of Arbor Acres Broilers. *Journal of Experimental Agriculture International*, 4(5), 575–583. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2014/7254>.
- Aderibigbe, T., Atteh, J. y Okukpe, k. (2018). Effects of Enzyme Supplementation of Rice Husk on Performance of Broiler Chicken. *Production Agriculture and Tecnology*, 14(2); 9 - 19.
- Babatunde, O., Park, C. y Adeola, O. (2021). Nutritional Potentials of Atypical Feed Ingredients for Broiler Chickens and Pigs. *Animals (Basel)*, 11(5), 1-11.
- Bautil, A. y Courtin, C. (2019). Capítulo 1 fibras que componen las paredes celulares de trigo en el contexto de las dietas de pollos de engorde. *El valor de la fibra: Involucrar al segundo cerebro para la nutrición animal* (págs.148-152). Editores académicos de Wageningen.
- Bederska, D. Świątkiewicz, S., Arczewska, A. y Schwarz, T. (2017). Rye non-starch polysaccharides: their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices—a review. *Annals of Animal Science*, 17(2), 351-369.
- Brickett, K., Dahiya, J., Classen, H. y Gomis, S. (2007). Influence of dietary nutrient density, feed form, and lighting on growth and meat yield of broiler chickens. *International Poultry of Poultry Science*, 86, 2172-2181.
- Cadillo, J., Cumpa, M. y Galarza, J. (2019). Rendimiento productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras alimentadas con torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) y enzimas β -glucanasa y xilanasa. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 682-690.
- Campagna, A. (2015). Alimentación. Requerimientos nutricionales y Aportes Alimenticios. *Revista CIAP*.
- Chaquilla, G., Balandrán, R., Mendoza, A. y Mercado, J. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *CienciaUAT*, 12(2), 137-147.
- Choct, M. y Annison, G. (1992). Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *Br. Poult. Sci.* 33, 821–834.

- Cueva, M. y Monzón, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48(1), 54-59.
- de Mora, R. (2015). Positive effects of wheat bran for digestive health; Scientific evidence. *Nutrición hospitalaria*, 32, 41-45. [ida](#)
- Demarco, M., de Moraes, J., Matos, Â., Derner, R., De Farias, N. y Tribuzi, G. (2022). Digestibility, bioaccessibility and bioactivity of compounds from algae. *Trends in Food Science & Technology*.
- Donadelli, R., Stone, D., Aldrich, C. y Beyer, R. (2019). Efecto de la fuente de fibra y el tamaño de las partículas sobre el rendimiento de los pollitos y la utilización de nutrientes. *Ciencia avícola*, 98 (11), 5820-5830.
- Elmasry, M., Elgremi, S., Belal, E. Kout E. y Eid, Y. (2017). Assessment of the performance of chicks fed with wheat bran solid fermented by *Trichoderma longibrachiatum* (SF1). *Journal of Sustainable Agricultural Sciences*, 43(2), 115-126.
- Escobar, P. (2018). *Efecto de polen, lactosa y su combinación sobre la digestibilidad e integridad de la mucosa en pollos broiler*. [Tesis de Pregrado – Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA.
- Figuroa, M. (2020). *Digestibilidad ileal aparente de la proteína en el consumo de torta *Plukenetia volubilis* (Sacha Inchi) en sustitución parcial de *Glycine más* (Soya), en pollos de engorde*. [Tesis de Pregrado – Universidad Estatal del Sur de Manabí].
- Francesch, M. (2000). *Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves*. XVI Reunión ALPA, en Montevideo – Uruguay.
- Francesch, M. (2001). Artículo Invitado: Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves. *Archivos Latinoamericanos de Producción animal*, 9(1); 35-42.
- FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL – FEDNA. (2015). *Composición química de diferentes fuentes de dieta*. Obtenido: <http://www.fundacionfedna.org/node/439>

- González, J., Jiménez, E., González, D., Lázaro, R. Mateos, G. (2010). Effect of inclusión of oat hulls and sugar beet Pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 day of age. *Animal feed science and technology*, 162(1-2); 37 – 42.
- Guerrero, B. (2020). *Compilación de técnicas para el análisis bromatología*. Universidad Nacional de Loja.
- Hafez, H. y Attia, Y. (2020). Challenges to the poultry industry: current perspectives and strategic future after the COVID-19 outbreak. *Frontiers in veterinary science*, 7, 516.
- Hartini, S., Rahardjo, D. y Purwaningsih, P. (2018). 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. *Science Alert*, 18: 21-27.
- Hetland, H., Svihus, B. y Choct, M. (2005). Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(1), 38-46.
- Huang, K., Ravindran, V., Li, X. y Bryden, W. (2005). Influence of age on the apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients for broiler chickens. *British poultry science*, 46(2), 236-245.
- Jácome, J. (2020). *Validación del Método Gravimétrico para la Determinación de Grasa en el Laboratorio Ecuachemlab Cía. Ltda.* [Tesis de Grado – Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA.
- Jiménez, E., González, J., de Coca, A., Lázaro, R., Cámara, L. y Mateos, G. (2019). Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility¹. *Poultry Science*. doi:10.3382/ps/pey599.
- Jiménez, E., González, J., Lázaro, R. y Mateos G. (2009). Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poult. Sci.* 88:1925–1933. doi: 10.3382/ps.2009-00193.

- Jiménez, E., González, J., González, D., Lázaro, R. y Mateos, G. (2010). Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poult Sci.* (10):2197-212. doi: 10.3382/ps.2010-00771. PMID: 20852111.
- Jiménez-Moreno, E., Chamorro, S., Frikha, M., Safaa, H. M., Lázaro, R. y Mateos, G. (2011). Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance, development of the gastrointestinal tract, and nutrient retention of broilers from one to eighteen days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 168(1-2), 100-112.
- Keong, N. (2015). Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. *Palmas*, 26(3); 79-83.
- Kheravii, S., Swick, R., Choct, M. y Wu. S. (2017): Potential of pelleted wheat Straw as an alternative bedding material for broilers. *Poultry science*, 96(&), 1641-1647.
- Kim, K., Tsao, R., Yang, R. y Cui, S. (2006). Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 95(3), 466-473.
- Mariño-Guerrero, I. y Roa-Vega, M. (2021). Parámetros productivos y digestibilidad de pollos, utilizando cayeno (*Hibiscus rosa-sinensis*) y probiótico (*Lactobacillus acidophilus*) más pectina. *Orinoquia*, 25(1), 35-46.
- Martinez, D. (2022). Evaluación de un producto a base de aceite esencial de orégano sobre la integridad intestinal, la capacidad de absorción de nutrientes y el comportamiento productivo de pollos de carne. *arXiv preprint arXiv: 2204.03728*.
- Martínez, Y., Bonilla, J., Sevilla, M., Matamoros, I., Botello, A., & Valdivié, M. (2021). Efecto de la harina de palmiste (*Elaeis guineensis*) sobre la puesta, la calidad del huevo y la viabilidad económica de gallinas ponedoras viejas. *Revista Cubana de Ciencias Agropecuarias*, 55 (2).
- Mateos, G., Jiménez, E., Serrano, M. y Lázaro, R. (2012). Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(1), 156-174.

- McCleary, B., DeVries, J., Rader, J., Cohen, G., Prosky, L., Mugford, D. y Okuma, K. (2012). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber (CODEX definition) by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 95(3), 824-844.
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J. y Morgan, C. (2006). Nutrición Animal. Acribia. Zaragoza, España, 587.
- Mendez, A., Cuevas, A., Martínez, A., Martínez, B., Coello, C. y González, E. (2009). Efecto de un complejo enzimático en dietas sorgo + soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47(1), 15 - 25.
- Menezes, E. (2020). *Efecto de la inclusión de inulina, alfalfa y pulpa de citrus en dietas de lechones sobre el consumo, la digestibilidad de los nutrientes y el balance de nitrógeno*. [Tesis de Grado – Universidad de la República].
- Montagne, L. Pluske, J. y Hampson, D. (2003). A review of interactions between dietary fiber and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108, 95–117.
- Montagne, L., Pluske, J. y Hampson, D. (2003). Una revisión de las interacciones entre la fibra dietética y la mucosa intestinal, y sus consecuencias sobre la salud digestiva en animales jóvenes no rumiantes. *Ciencia y tecnología de alimentación animal*, 108(1-4); 97-117.
- Mudgil, D. y Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International journal of biological macromolecules*, 61, 1-6.
- Murarolli, R., de Alburquerque, R., Kobashigawa, E., Murarolli, D. de Tridade, M. y de Araújo, L. (2009). Efeitos de diferentes relações dietéticas de energia metabolizável: proteína bruta e do peso inicial de pintos sobre o desempenho e o rendimento de carcaça em frangos de corte fêmeas. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 46(1), 62-68.

- Ndelekwute, E. K., Enyenihi, G. E., Unah, U. L. y Madu, H. C. (2016). Dietary effects of different organic acids on growth and nutrient digestibility of broiler. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 45(2), 10-17.
- Pérez, J., Lebas, F., Gidenne, T., Maertens, L., Xiccato, G., Parigi-Bini, R., Dalle, A., Cossu, M., Carazzolo, A., Villamide, M., Carabaño, R., Fraga, M., Ramos M., Cervera, C., Blas, E., Fernández, J., Falcao E Cunha, L. y Bengala, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science*, 3(1).
- Rabie, H. Dorra, T. El Serwy, A. y El Gogary, M. (2005). The use of rice bran or wheat bran in diets of broiler chicks. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.*, 30(2): 801 – 818.
- Raji, M., Ogunjimi, J., Ogunbode, A., Ogungbenro, S., Osuolale, S. y Ajani, M. (2015). Performance characteristics and apparent nutrient digestibility of broiler finisher fed African yam bean cake as partial replacement for soybean meal. *Archivos de zootecnia*, 64(246), 175-178.
- Ramos, R. y Vasquéz, W. (2012). Digestibilidad del fósforo en ingredientes de origen animal utilizados en dietas para cachama (*Piaractus brachypomus*). *Orinoquia*, 16, 155 – 161.
- Ravindran, V., Adeola, O., Rodehutschord, M., Kluth, H., Van der Klis, J., Van Eerden, E. y Helmbrecht, A. (2017). Determination of ileal digestibility of amino acids in raw materials for broiler chickens—results of collaborative studies and assay recommendations. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 62-72.
- Rezaei, M y Hajati, H. (2016). Effect of diet dilution at early age on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chicks. *Italian Journal of Animal Science*.
- Rodrigues, I. y Choct, M. (2018). The foregut and its manipulation via feeding practices in the chicken. *Poultry Science*, 97(9), 3188-3206.
- Saheed, A., Ehizogie, M., Abiola, O., Bashirat, A., Jeleel, O. y Job, O. (2018). Nutritive values of wheat bran – based broiler diet supplemented with different classes of enzymes. *Tropical Agriculture*, 95(3).

- Sánchez, B., Delgado, S., Blanco, A., Lourenço, A., Gueimonde, M. y Margolles, A. (2017). Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Molecular nutrition & food research*, 61(1); 1600240.
- Scanes, C. y Pierzchala, K. (2014). Biology of the gastrointestinal tract in poultry. *Avian Biology Research*, 7(4), 193-222.
- Shang Q, Wu, D, Liu, H., Mahfuz, S. y Piao, X. (2020). The Impact of Wheat Bran on the Morphology and Physiology of the Gastrointestinal Tract in Broiler Chickens. *Animals (Basel)*;10(10):1831. doi: 10.3390/ani10101831. PMID: 33050083; PMCID: PMC7600849.
- Sierra, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. [Monografía – Universidad de Sucre].
- Sklan, D., Smirnov, A. y Plavnik, I. (2003). The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. *British Poultry Science*, 44(5), 735-740.
- Spínola, M., Costa, M. y Prates, J. (2022). Digestive Constraints of *Arthrospira platensis* in Poultry and Swine Feeding. *Foods*, 11, 1-12.
- Sundu, B., Kumar, A. y Dingle J. (2008). Amino acid digestibilities of palm kernel meal in poultry. *J. Indones. Trop. Anim. Agric.* 33:139–144.
- Sundu, B., Kumar, A. y Dingle, J. (2006). Palm kernel meal in broiler diets: effect on chicken performance and health. *World's Poultry Science Journal*, 62(2), 316-325.
- Svihus, B. (2011). The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 207-224.
- Tejeda, O. y Kim, W. (2021). Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals (Basel)*, 11(12), 1-11.
- Wan, M. y Alímon, A. (2005). Uso de la torta de palmiste y subproductos de palma de aceite en concentrados para animales. *Palmas*, 26(1), 57–64. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1125>

Yeoman, CJ, Chia, N., Jeraldo, P., Sipos, M., Goldenfeld, ND y White, BA (2012). *El microbioma del tracto gastrointestinal del pollo. Revisiones de investigación en salud animal*, 13(01), 89–99. doi:10.1017/s1466252312000138.

Yeong, S. W. (1980). Proc. of the. Conf. Anim. Prod. and. Harlth in the Trapics. p. 217. 222.

Zhao, J., Zhang, G., Liu, L., Wang, J. y Zhang, S. (2020). Effects of fibre-degrading enzymes in combination with different fibre sources on ileal and total tract nutrient digestibility and fermentation products in pigs. *Archives of animal nutrition*, 74(4), 309-324.

11. Anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo.



Figura 3. Fabricación de jaulas.



Figura 4. Elaboración de las dietas experimentales.



Figura 5. Pesaje de los pollos y periodo de adaptación.



Figura 6. Suministro de alimento y agua a los pollos.



Figura 7. Colecta y pesaje de heces.

Anexo 2. Evidencias del análisis de la composición química de las dietas y heces.



Figura 8. Análisis químico de materia seca y materia orgánica.



Figura 9. Análisis químico de grasa cruda.

Anexo 3. Certificado de la traducción en inglés.

Loja, 18 de septiembre, 2023

Yo, Lic. Eduardo Luis Cuenca Alulima, portador de la cedula de identidad Nro. 1104812928, Docente en el CEDMT, con título de Licenciado en Ciencias de la Educación, especialidad inglés, numero de registro del SENESCYT 1031-2021-240085.

CERTIFICO:

Que la traducción al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación, denominado: **Estudio del efecto de diferentes fuentes de fibra en la digestibilidad de nutrientes en pollos de carne criados en altura**, perteneciente al egresado Bryan David Cruz Castillo, con Nro. de cedula 1105010944, corresponde al texto original en español.

Esto todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que el creyera conveniente.

Lic. Eduardo Luis Cuenca Alulima