



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica

**Rendimiento productivo de pollos de engorde alimentados con harina de hoja de
alfalfa (*Medicago sativa*) y un complejo multienzimático**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

Autora

Candy del Pilar Huaman Sotelo



Asesor

Dr. Felix Esteban Airahuacho Bautista

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial — Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**
LICENCIADA

Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020

Facultad De Ingeniería Agraria Industrias Alimentarias Y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnia

FORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Huaman Sotelo, Candy del Pilar	72176755	19/12/2025
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Felix Esteban, Airahuacho Bautista	40769786	https://orcid.org/0000-0001-7484-0449
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADO – PREGRADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Carlomagno Ronald, Velasquez Vergara	08471692	https://orcid.org/0009-0007-9335-3583
Pedro Martin, Ríos Salazar	15591709	https://orcid.org/0000-0002-4748-5557
Victor Israel, Tello Alarcon	15707428	https://orcid.org/0000-0003-4524-6939

Candy Del Pilar Huamán Sotelo Exp. 095664

Rendimiento productivo de pollos de engorde alimentados con harina de hoja de alfalfa (Medicago sativa) y un complejo mul...



Quick Submit



Quick Submit



Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental 2025

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid::1:3425556900

Fecha de entrega

26 nov 2025, 1:15 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

26 nov 2025, 1:26 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Candy_Huaman_Sotelo.pdf

Tamaño del archivo

1.0 MB

56 páginas

12.550 palabras

68.674 caracteres



Página 1 de 64 - Portada

Identificador de la entrega trnoid::1:3425556900



Página 2 de 64 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid::1:3425556900

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 19% Fuentes de Internet
- 9% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

"A mi querido hijo, Abad, quien con su sonrisa y alegría me inspiró a seguir adelante; a mi papá Oscar y mamá Carmen por su apoyo incondicional"

Candy del Pilar Huamán Sotelo

AGRADECIMIENTO

Agradezco enormemente al Dr. Felix Airahuacho por su colaboración y compromiso durante el desarrollo de esta tesis. Su disposición para compartir su conocimiento y experiencia fue esencial para el éxito de este proyecto.

Candy del Pilar Huaman Sotelo

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCION	13
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos.....	15
1.3. Objetivos de la investigación	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación de la investigación	16
1.5. Delimitación del estudio	16
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	17
2.1. Antecedentes de la investigación	17
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales	18
2.2. Bases Teóricas	19
2.2.1. Generalidades de la alfalfa	19
2.2.2. Rol de la fibra dietaria en la nutrición del ave.....	21
2.2.3. Uso de enzimas exógenas en las aves.....	24
2.3. Definición de términos básicos	26
2.4. Hipótesis de investigación	26
2.4.1. Hipótesis general	26
2.4.1. Hipótesis específicas.....	26
2.5. Operacionalización de las variables	28
CAPITULO III. METODOLOGIA.....	29

3.1.	Gestión del experimento	29
3.1.1.	Ubicación.....	29
3.1.2.	Características del área experimental	29
3.1.3.	Tratamientos	31
3.1.4.	Diseño experimental	33
3.1.5.	Variables evaluadas	33
3.1.6.	Conducción del experimento	33
3.2.	Técnicas para el procesamiento de la información	34
CAPITULO IV. RESULTADOS		35
4.1.	Peso corporal y ganancia de peso	35
4.2.	Consumo de alimento y conversión alimenticia	36
4.3.	Rendimiento de canal, hígado y grasa abdominal.....	37
4.4.	Molleja e Intestinos.....	39
CAPITULO V. DISCUSIONES		40
5.1.	Peso corporal y ganancia de peso	40
5.2.	Consumo de alimento y conversión alimenticia	40
5.3.	Rendimiento de canal, hígado y grasa abdominal.....	41
5.4.	Molleja e Intestinos.....	42
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		43
6.1.	Conclusiones	43
6.2.	Recomendaciones	43
CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		44
CAPITULO VIII. ANEXO		51
8.1.	Anexo I: Parámetros productivos.....	51
8.2.	Anexo II: Parámetros cárnicos.....	52
8.3.	Anexo III: Análisis estadístico de los parámetros productivos	53
8.4.	Anexo IV: Análisis estadístico de los parámetros cárnicos	57

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Composición química de tres variedades de alfalfa (Mielmann et al. 2017).....	20
Tabla 2 Efecto de la madurez sobre el contenido de nutrientes (en base a la materia seca) en la alfalfa.	21
Tabla 3 Composición porcentual y contenido nutricional de las dietas experimentales propuestas para la etapa (22 a 36 días).....	32
Tabla 4 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas el peso corporal y la ganancia de peso total de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.	35
Tabla 5 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el consumo de alimento y conversión alimenticia de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.....	36
Tabla 6 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de la canal, hígado y deposición de grasa abdominal de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.	37
Tabla 7 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de la molleja e intestinos de pollos de carne a los 36 días de edad.	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mecanismos por los cuales las diferentes fibras dietéticas afectan el tracto gastrointestinal (Gill et al., 2021).	24
Figura 2 Enzimas en alimentación aviar: novedades y aplicación práctica (Sanz, 2012).	26
Figura 3 Mapa de ubicación del Centro Experimental de la Escuela profesional de Ingeniería Zootecnia.	29
Figura 4 Distribución de los tres tratamientos y sus respectivas replicaciones.....	30
Figura 5 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre la ganancia de peso total de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.	36
Figura 6 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre la conversión alimenticia de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.	37
Figura 7 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de la canal de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.....	38
Figura 8 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de hígado y deposición de grasa abdominal de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad... ..	38
Figura 9 Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de hígado y deposición de grasa abdominal de pollos de carne a los 36 días de edad.	39

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa (HHA) y un complejo multienzimático en la dieta sobre el rendimiento productivo en pollos de carne. **Metodología:** Cuarenta cinco pollos Cobb 500 de 22 días hasta los 36 días de edad fueron distribuidos en tres tratamientos: dieta convencional (T0), dieta con 8% de HHA (T1), dieta con 8% HHA más 0.3% de enzimas (T2). El complejo enzimático contenía enzimas fibrolíticas, amilasas, proteasas y lipasas. Cada tratamiento estuvo formado por cinco replicas y cada replica por tres animales. **Resultados:** La inclusión de HHA con o sin suplementación de enzimas disminuyó el peso corporal y la ganancia de peso ($p < 0.01$), disminuyó el consumo de alimento ($p < 0.01$) y aumento la deposición de grasa abdominal ($p < 0.01$), pero no influyó sobre la conversión alimenticia ($p > 0.05$), el rendimiento de la canal e hígado ($p > 0.05$), y crecimiento de molleja e intestinos ($p > 0.05$). **Conclusiones:** La HHA disminuyó el consumo de alimento que repercutió negativamente sobre la ganancia de peso. La suplementación con enzimas no recupero estos parámetros. Sin embargo, la HHA aumentó la deposición de grasa abdominal.

Palabras clave: Grasa abdominal, rendimiento de canal, consumo de alimento, molleja.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of the inclusion of alfalfa leaf meal (ALM) and a multienzyme complex in the diet on productive performance in broilers. **Methodology:** Forty-five Cobb 500 broilers from 22 days to 36 days of age were distributed in three treatments: conventional diet (T0), diet with 8% HHA (T1), diet with 8% HHA plus 0.3% of a multienzyme complex (T2). The enzyme complex contained fibrolytic enzymes, amylases, proteases and lipases. Each treatment consisted of five replicates and each replicate consisted of three animals. **Results:** Inclusion of HHA with or without enzyme supplementation decreased body weight and weight gain ($p < 0.01$), decreased feed intake ($p < 0.01$) and increased abdominal fat deposition ($p < 0.01$), but did not influence feed conversion ($p > 0.05$), carcass and liver yield ($p > 0.05$), and gizzard and intestinal growth ($p > 0.05$). **Conclusions:** HHA decreased feed intake, which had a negative impact on weight gain. Enzyme supplementation did not recover these parameters. However, HHA increased abdominal fat deposition.

Key words: Abdominal fat, carcass yield, feed intake, gizzard.

INTRODUCCION

La avicultura moderna enfrenta el constante desafío de optimizar los costos de alimentación y explorar alternativas nutricionales sostenibles sin comprometer la salud y el desempeño de las aves. En este contexto, la alfalfa (*Medicago sativa L.*) destaca como una leguminosa de alto valor nutricional, rica en proteínas de buena calidad y con un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales (Pleger et al., 2021), vitaminas y minerales (Jiang et al., 2012). Además, aporta compuestos bioactivos y funcionales como xantofilas, β -caroteno, flavonoides, polisacáridos y saponinas (Laudadio et al., 2014; Francis et al., 2002), por lo que se considera una alternativa promisorio para sustituir parcialmente fuentes tradicionales de proteína como la torta de soya (Pleger et al., 2021).

Sin embargo, el uso de la harina de alfalfa en la nutrición de monogástricos presenta limitaciones asociadas a su elevado contenido de fibra dietaria (superior a 210 g/kg MS) (Sauvant et al., 2004). Debido a que las aves de corral poseen un tracto gastrointestinal y apéndices cecales relativamente cortos, su capacidad fisiológica para aprovechar dietas ricas en fibra es reducida (Fries-Craft et al., 2023). Por ello, inclusiones elevadas de harina de alfalfa (superiores al 5%) pueden influir negativamente sobre la digestibilidad de los nutrientes o ejercer un efecto supresor sobre el crecimiento de las aves (He et al., 2021).

Para superar estos inconvenientes, la adición de complejos multienzimáticos exógenos se plantea como una estrategia tecnológica eficaz. El uso de enzimas actúa degradando las fracciones complejas de la fibra (como los polisacáridos no amiláceos), contrarrestando sus efectos perjudiciales y facilitando la asimilación y digestibilidad de los nutrientes en la dieta.

A pesar de estos avances, es necesario profundizar en el efecto combinado del uso de follajes de alfalfa y complejos enzimáticos sobre los parámetros zootécnicos de las aves. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa (*Medicago sativa L.*) suplementada con un complejo multienzimático en la dieta sobre el rendimiento productivo y parámetros cárnicos en pollos de engorde.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) es una leguminosa forrajera perenne más común y comercialmente disponible. La alfalfa contiene una proteína bien equilibrada, con contenidos de 244, 2.2 y 13.1 g de proteína, metionina y lisina por kg MS, respectivamente (Pleger et al., 2021) y es una fuente importante de vitaminas y minerales (Jiang et al., 2012). Además, proporciona una gran cantidad de compuestos funcionales activos, como xantofilas, β -caroteno, flavonoides, polisacáridos y saponinas (Laudadio et al., 2014). Según Francis et al. (2002), la alfalfa contiene entre 2 a 3% de saponinas, compuesto que tendrían propiedades antiinflamatorias, hipocolesterolémicas y antioxidantes.

La alta concentración de fibra de 210 g/kg MS dietética en la harina de alfalfa representa una limitación significativa para su incorporación en las formulaciones nutricionales de los monogástricos (Sauvant et al., 2004). Dado que las especies comerciales de aves de corral tienen los apéndices cecales y el intestino grueso relativamente cortos, su capacidad para utilizar la fibra es reducida en comparación con otras especies ganaderas monogástricas (Fries-Craft et al., 2023). Por ello, la harina de alfalfa no es muy considerada en el contexto de la nutrición avícola durante las primeras fases de crecimiento. Según He et al. (2021), se observó un mejor crecimiento en pollos de engorde cuya dieta incluyó harina de alfalfa a partir de los 21 días de edad, el desarrollo del intestino y el color amarillento de la carne, y redujo el pH del tracto gastrointestinal. Sin embargo, tuvo escaso efecto sobre el rendimiento cárnico.

La harina de alfalfa tiene el potencial de servir como un sustituto parcial de la torta de soya en la ración de pollos de carne para cubrir los requerimientos de proteína (Pleger et al., 2021). En la actualidad hay una tendencia creciente de producir pollos ecológicos. Por ejemplo, la Unión Europea exige la adición de forraje a las aves de corral, por lo que las producciones de pollos de carne ecológicos incluyen harina de alfalfa como uso alternativo de la torta de soya (Pleger et al., 2021). Durante la producción de alfalfa fresca para el consumo animal, una gran cantidad de follajes frescos caen al piso y es considerada como desperdicio. El propósito de esta investigación fue determinar el impacto de añadir harina de hojas de alfalfa a la alimentación de pollos de engorde.

1.2. Formulación del problema

Basado en la problemática descrita, se formuló lo siguiente:

1.2.1. Problema general

¿La inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta influye en el rendimiento productivo de pollos de carne?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿La inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta influye sobre la ganancia de peso de pollos de carne?
- ¿La inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta influye sobre la conversión alimenticia de pollos de carne?
- ¿La inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta influye sobre el rendimiento de carcasa de pollos de carne?
- ¿La inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta influye sobre el peso del hígado de pollos de carne?
- ¿La inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta influye sobre la deposición de grasa abdominal de pollos de carne?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta sobre el rendimiento productivo en pollos de carne.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta sobre la ganancia de peso en pollos de carne.
- Determinar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta sobre la conversión alimenticia en pollos de carne.
- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo

multienzimático en la dieta sobre el rendimiento de carcasa en pollos de carne.

- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta sobre el peso del hígado en pollos de carne.
- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de hoja de alfalfa y un complejo multienzimático en la dieta sobre la acumulación de grasa abdominal en pollos de carne.

1.4. Justificación de la investigación

Justificación técnica: La alfalfa es una leguminosa forrajera que aporta proteína de buena calidad (Pleger et al., 2021). Sin embargo, niveles mayores del 5% de harina de alfalfa podría tener un efecto supresor del crecimiento (He et al., 2021).

Justificación científica: El alto contenido en fibra bruta (210 g/kg MS) (Sauvant et al., 2004), puede influir negativamente sobre la digestibilidad de los nutrientes. La presente investigación evaluará el efecto incluir harina de alfalfa más enzimas sobre el rendimiento productivos de pollos de carne

Justificación social: La tendencia actual es producir pollos ecológicos. Las normas de la Unión Europea exigen que las dietas de aves de corral deban contener forrajes que proporcionen un buen nivel de fibra para garantizar la salud intestinal y el bienestar animal.

1.5. Delimitación del estudio

El estudio se realizó en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, en el taller de tecnología avícola del departamento de Ingeniería Zootécnica, distrito de Huacho, entre los meses de noviembre y diciembre del 2023.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Fries-Craft et al. (2023) midieron el rendimiento y el microbiota cecal de pollos de carne alimentados con heno molido o extracto liposoluble de alfalfa de corte tardío con desafío *Eimeria*. Pollos de un día de edad fueron asignados a tres tratamientos dietéticos isocalóricos/isonitrógenos consistentes en control, heno molido al 5% o extracto liposoluble al 0,25% durante un ensayo de 42 días. En el día 14 se desafió con *Eimeria*. En el periodo previo al desafío, la inclusión de heno o extracto de alfalfa en la ración estimuló una mayor ingesta de alimento entre 6,9 a 8,0% comparado con el control. La alfalfa no afectó significativamente al rendimiento tras la exposición a *Eimeria*, pero las aves afectadas por la *Eimeria* alimentadas con heno mostraron la mayor reducción numérica en el peso corporal final en comparación con sus homólogas no afectadas (0,17 kg) frente a las aves de control y alimentadas con extracto (0,02-0,04 kg).

He et al. (2021) asignaron a pollos de carne (21 días de edad) a cuatro tratamientos dietéticos: una dieta control, y tres dietas experimentales que contenían 25, 50 y 75 g/kg de harina de alfalfa. Las aves que recibieron suplementación con alfalfa registraron un mayor peso corporal final y un consumo diario de alimento superior, observándose una respuesta lineal a la inclusión de alfalfa para la ganancia diaria. El peso total y los índices del tracto gastrointestinal fueron mayores en 75 y 50 g/kg y secuencialmente menores en 25 g/kg y control. Los tratamientos 75 y 50 g/kg dieron lugar a un pH significativamente más bajo en el duodeno y el ciego que en el control. El rendimiento semieviscerados (tratamiento 75 g/kg) fue mayor que el del control. Sin embargo, el porcentaje de músculo pectoral fue inferior en 75 g/kg que en el control. Las dietas con harina de alfalfa provocaron un aumento del color amarillento de los músculos.

Gulizia y Downs (2020) determinaron los efectos de la suplementación dietética con harina de hoja de kudzu y harina de alfalfa sobre el rendimiento de pollos de carne. Ambas harinas se añadieron en proporciones de 6% y 7,3%, respectivamente, a una dieta completa de arranque para pollos de carne. Las aves alimentadas con harina de kudzu y harina de alfalfa tuvieron un peso corporal inferior, un menor consumo acumulado de alimento y una mayor

conversión alimenticia ajustada que el control. Además, se observaron efectos del tratamiento sobre el peso total de la pechuga, siendo el control superior a ambas dietas tratadas.

Jiang et al. (2012) evaluó el efecto de la harina de alfalfa en el crecimiento y el desarrollo del tracto gastrointestinal de patos ponedores, con el fin de aportar pruebas para la aplicación de la harina de alfalfa en la industria del pato. Patos ponedores Shaoxing de 7 semanas de edad se asignaron a 1 de 4 tratamientos dietéticos basados en maíz y harina de soya y que contenían 0, 3, 6 y 9% de harina de alfalfa durante 8 semanas. Los resultados mostraron que: i) los patos en crecimiento alimentados con una dieta a base de harina de alfalfa no presentaban diferencias en cuanto a la ganancia de peso diaria, el consumo de alimento y la relación ganancia/alimentación respecto a los alimentados sin dieta de alfalfa. ii) La harina de alfalfa aumentó la relación buche, molleja/peso vivo, ciego/peso vivo e índice de ciego de los patos en crecimiento. iii) La longitud de las vellosidades en el duodeno y el yeyuno en los patos en crecimiento aumentó con el incremento de harina de alfalfa. La profundidad de la cripta en el duodeno y el yeyuno de los patos en crecimiento disminuyó con el aumento de los niveles de harina de alfalfa.

Zheng et al. (2019) investigó el efecto de la suplementación con harina de alfalfa sobre el crecimiento de pollos de la raza china Beijing-you. Los pollos fueron asignados a 4 tratamientos dietéticos: 0, 5, 8 y 10% de harina de alfalfa. Los pollos se criaron en libertad durante 56 días. Los pollos alimentados con harina de alfalfa tuvieron como resultado una conversión alimenticia, mortalidad, producción de grasa abdominal, contenido de colesterol en la yema inferiores, contenido en el músculo pectoral superior de monofosfato de inosina, aminoácidos totales, aminoácidos esenciales, aminoácidos no esenciales, aminoácidos deliciosos, proteína de la yema, albúmina y color de la yema, en comparación con los que no recibieron harina de alfalfa. El *Lactobacillus* fue el género dominante tanto en el duodeno como en el íleon, mientras que el microbiota del ciego estaba compuesto principalmente por el Bacteroides.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Paredes y Lorena (2020) evaluaron el impacto de la harina de alfalfa (HA) en el rendimiento productivo de pollos de carne. El experimento se realizó en el valle andino de Cajamarca, Perú, a 2750 m s.n.m. Se establecieron tres grupos de tratamiento: T0= 0% HA, T1= 5% HA y T2= 10% HA. El sacrificio de las aves se realizó a las 12 semanas de edad. Se

observaron diferencias siendo el grupo control (T0) el que presentó la mayor ganancia (77.4 g/día), seguido por T1 (76.2 g/día) y finalmente T2 (72.1 g/día). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al consumo, conversión alimenticia y el rendimiento de la carcasa; sin embargo, si se hallaron diferencias significativas notables para peso relativo de grasa abdominal (T0 = 2.30, T1 = 2.60 y T2 = 2.89%), peso relativo de molleja (T0= 1.00, T1= 1.03 y T2= 1.19%) y peso relativo de intestinos (T0= 2.26, T1= 2.38 y T2= 2.69%).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Generalidades de la alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) es una leguminosa, utilizada como forraje con un ciclo de vida perenne, conocida como la reina de las gramíneas, y se cultiva ampliamente en todo el mundo debido a su alto rendimiento, su valor nutritivo excepcional y sus características de gran resistencia al estrés (Hu et al., 2024). La alfalfa vive normalmente entre 4 y 5 años (Rafińsk et al., 2017), se cosecha tres, cuatro o, a veces, hasta cinco o seis veces al año, y las plantas jóvenes segadas intensivamente tienen el mayor valor nutricional (Gawel et al, 2017), fija el nitrógeno atmosférico por los rizobios simbióticos, conlleva a que requiera sólo pequeñas dosis de este componente en forma mineral (Rafińsk et al., 2017). El desarrollo del nodo del tallo y de las hojas juega un papel importante durante el crecimiento reproductivo, y este progreso determina el rendimiento de la alfalfa (Hu et al., 2024).

La alfalfa tiene una raíz pivotante profunda que le permite ser resistente a sequías y el calor. De la raíz emerge una corona, que tiene yemas donde salen tallos erectos con hojas trifolioladas. Estos tallos llegan a una altura de 30 a 90 cm. Posee flores pequeñas y agrupadas en racimos que surgen de las yemas auxiliares superiores. Una vez polinizadas forma semillas que están enrolladas en espiral donde contiene 8 a más semillas (Britannica, 2024).

La alfalfa es un forraje con buena palatabilidad, un alto contenido de proteínas y minerales (You et al., 2022). Según Rafińsk et al. (2017), la alfalfa es considerada una fuente barata de proteínas valiosas no solo para la alimentación animal sino también para países más pobres y en desarrollo, debido a su alto contenido en aminoácidos esenciales como valina, leucina, treonina y lisina; con composición y proporción de aminoácidos que se consideran similares a la clara de huevo estándar. Además de proteínas, minerales y vitaminas, la alfalfa

también contiene metabolitos secundarios que tienen actividad fitobiótica en humanos y animales, como las saponinas y los flavonoides (Gaweł et al, 2017).

Según Mielmann et al. (2017), el contenido de alfalfa en proteína es del 70% y las vitaminas y minerales en la corona con un 90%. Los autores recolectaron muestras de hojas de alfalfa durante la etapa vegetativa media (longitud del tallo de 15 a 30 cm, sin brotes, flores o vainas de semillas) hasta la etapa vegetativa tardía (longitud del tallo mayor de 30 cm, sin brotes, flores o vainas de semillas), observando un mayor el contenido que de proteína comparado con otras variedades mejoradas (Tabla 1).

Tabla 1

Composición química de tres variedades de alfalfa (Mielmann et al. 2017).

Nutriente	Alfalfa standard	Alfalfa WL711	Alfalfa WL525
MS, %	24.9	21.3	21.1
Ceniza, %	12.81	10.47	10.43
Grasa, %	1.41	2.39	1.85
Fibra, %	26.0	25.9	27.0
Carbohidratos, %	67.47	65.26	66.35
EB (kcal/kg)	4040	4094	4033
PB, %	18.51	21.83	21.47
Lisina, %	1.57	1.31	1.33
Metionina, %	0.36	0.28	0.33
Treonina, %	1.08	0.89	0.90
Fosforo, %	1.45	1.64	1.80
Potasio, %	11.16	13.57	15.59
Calcio, %	10.40	11.41	11.28
Magnesio, %	2.05	2.25	2.04
Sodio, %	0.18	0.25	0.23

El porcentaje de proteína bruta muestra un comportamiento decreciente según la madurez de la planta oscilando entre 18 -24% en botones florales, 19-21% al inicio de floración y 15-19% en plena floración (Lloveras Vilamanyà y Melines, 2015). Después que madura más de la etapa vegetativa, hay un aumento rápido en la concentración de FDN y una disminución rápida de la digestibilidad (Xu et al., 2023). Treviño y Hernández (1978) al evaluar la

composición química según el estado de madurez de la alfalfa, reportaron que el contenido de proteína y aminoácidos variaron de acuerdo con la madurez de la planta. La alfalfa cosechada en tres fases distintas en crecimiento muestra un notable aumento en los contenidos de materia seca y fibra bruta, y un descenso en el contenido en proteína (Bondi, 1988; Tabla 2).

Tabla 2

Efecto de la madurez sobre el contenido de nutrientes (en base a la materia seca) en la alfalfa

Nutriente	Según Treviño y Hernández (1978)		
	Prefloración	Floración 10%	Floración 50%
PB, %	16.1	13.1	12.1
Lisina, %	1.24	0.99	1.01
Metionina, %	0.34	0.29	0.26
Treonina, %	0.95	0.80	0.80

Nutriente	Según Bondi, 1988		
	Muy tierna	En floración	Total, floración
PB, %	25.3	22.9	19.0
Grasa bruta, %	2.94	3.52	3.45
Fibra bruta, %	23.5	26.0	30.0
ELN, %	36.5	36.1	37.2

2.2.2. Rol de la fibra dietaria en la nutrición del ave

La fibra es un término genérico que describe un grupo muy complejo y heterogéneo de estructuras que pueden tener efectos profundos en la digestión y el tracto digestivo (Bedford et al., 2024). Tejeda y Kim (2021) manifiestan lo siguiente con respecto a la fibra dietaria:

La fibra dietaria es un componente intrínseco de los alimentos vegetales compuesta de polisacáridos no amiláceos (PNA), oligosacáridos y lignina; y en términos generales, se puede clasificar como insoluble o soluble en función de su solubilidad en agua. En pollos de carne, la fibra insoluble modula la morfología intestinal, el desarrollo de los órganos digestivos, la absorción de nutrientes, el rendimiento del crecimiento y la microbiota intestinal; mientras que la soluble aumenta la viscosidad intestinal y se asocia con cambios negativos en la microflora intestinal y una reducción en la absorción de nutrientes. Sin embargo, existe un grupo de fibras solubles, integradas por oligosacáridos,

que funcionan como prebióticos modulando positivamente la microbiota intestinal (p.1).

La fibra puede actuar como diluyente, antinutriente, sustrato para bacterias beneficiosas, modulador inmunológico y modulador de la estructura y función intestinal (Bedford et al., 2023). Según Bedford et al. (2024):

La fibra puede afectar el desarrollo intestinal a través de su estructura física o indirectamente a través de su fermentabilidad. La primera está relacionada con los efectos directos de la estructura física, por ejemplo, las partículas grandes pueden estimular el desarrollo de la molleja, mientras que la segunda, además, está relacionada con la interacción de la fibra con el microbioma (p.233).

La fibra en las aves de corral cumple funciones fisiológicas, que, según su estructura química, tamaño de partícula y cantidad modifican la altura de las vellosidades, las criptas, la longitud intestinal, así como la velocidad y el tamaño del paso a través de diferentes segmentos de los intestinos (Adibmoradi et al., 2016). Una mejoría en la morfología de las vellosidades y en el ordenamiento de las células epiteliales se estima favorable, dado que potencialmente favorecería la captación de nutrientes (Tejeda y Kim, 2021).

La molleja aumenta de tamaño y el pH del contenido de la molleja disminuye en una magnitud de 0,2 a 1,2 unidades con alimentos de fibra gruesa (Svihus et al., 2013b). Este aumento de tamaño se debería a que la fibra estimularía la actividad muscular para triturar partículas gruesas, para permitir que pasen a través del esfínter pilórico hasta el intestino delgado, haciendo que la ingesta esté expuesta a mayores cantidades de ácido clorhídrico y durante un período de tiempo más largo. El pH más cercano a la neutralidad se debería a que la secreción de jugo gástrico pueda aumentar de acuerdo con la ingesta, lo que ocurriría con dietas granuladas en comparación con dietas en harina (Bedford et al., 2024).

La fibra insoluble no es digerida en las aves debido a la falta de enzimas para digerir los enlaces β 1–4, β 1–3 y β 1–6 que se encuentran en los PNA, y afectan el rendimiento cuando se encuentra en grandes cantidades debido a una ralentización y dilución de la ingesta de nutrientes (Raza et al., 2019). La fibra insoluble tipo celulosa entre 3 – 5%, a menudo ha mostrado mejorar la utilización de nutrientes (Bedford et al., 2024), esto podría deberse a un incremento en la actividad de las enzimas pancreáticas y a una reversión del movimiento peristáltico, factores que en conjunto mejoran la digestibilidad de los nutrientes (Mateos et al., 2012). Según Bedford

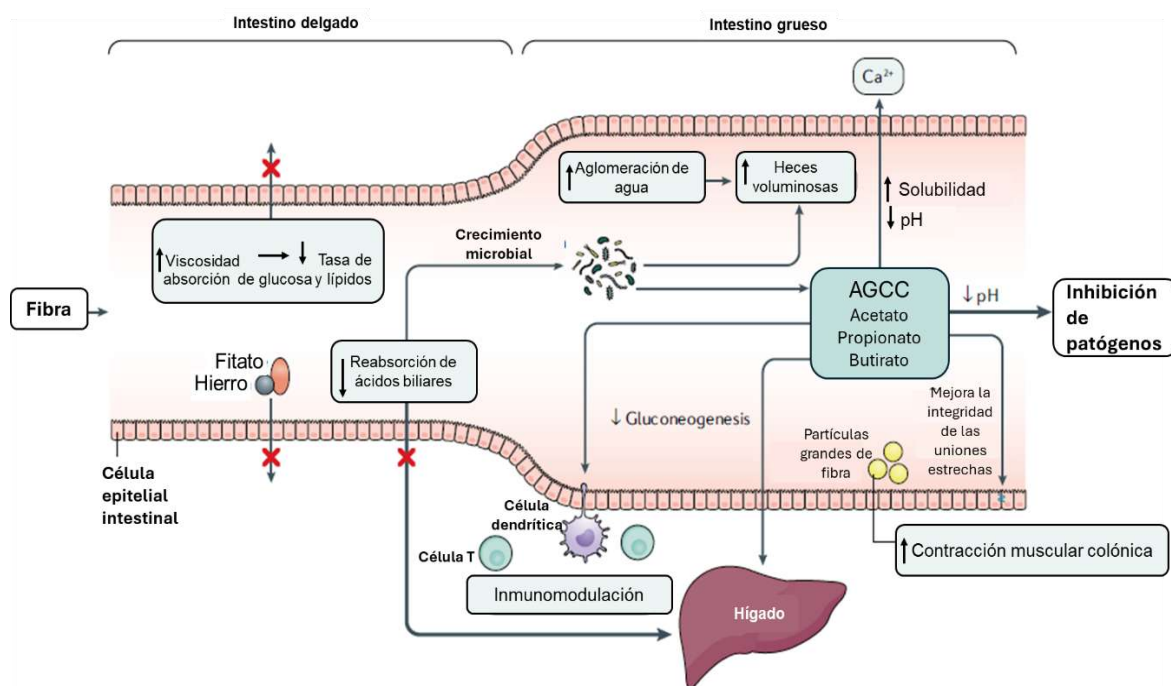
et al. (2024), la peristalsis inversa hace que las sales biliares lleguen a la molleja, donde el bolo se mezcla con las secreciones gástricas, lo que mejora la emulsificación de las grasas, reduciendo la cubrición de los nutrientes por las gotitas de grasa, hidrolizándose y absorbiéndose los nutrientes más fácilmente. Como consecuencia, las dietas comerciales se formulan generalmente para contener un máximo de 2–3% de CF (Choct, 2015).

La fibra soluble, como las pectinas, los β -glucanos y los arabinosilanos, aumentan la viscosidad intestinal, debido a la ralentización de la tasa de paso en el intestino delgado, reducción de la difusión de enzimas y la posterior degradación del sustrato, lo que aumenta los nutrientes libres en el lumen intestinal favoreciendo el establecimiento de bacterias patógenas (Silva et al., 2013). La mayor parte de la actividad microbiana en el sistema digestivo de las aves se localiza en los ciegos, siendo el carbohidrato fibra el componente más importante que regula la actividad microbiana intestinal (Jozefiak et al., 2010), sugiriéndose que los PNA solubles en agua serían los compuestos más influyentes debido a que pueden degradarse para ser utilizados como sustrato por las bacterias intestinales (Tellez et al., 2014).

Cuando la fibra dietética es fermentada por los microorganismos intestinales, se producen sustancias bioactivas (como los ácidos grasos de cadena corta o AGCC). Estas sustancias tienen la capacidad de incrementar la biomasa del tracto gastrointestinal y modificar la composición de su flora microbiana (Kaczmarczyk et al., 2012). Los AGCC producidos en el colon, como el butirato, son la principal fuente de energía para el epitelio colónico (Hamer et al., 2009) y estimulan la gluconeogénesis en el hígado (Mithieux, 2014). Además, el butirato modularía la respuesta inmune de la mucosa regulando el tamaño y la función de células T colónicas y protegiendo contra la colitis de una manera dependiente, promoviendo la homeostasis y la salud colónica (Smith et al., 2013). Los AGCC también mantienen indirectamente la homeostasis gastrointestinal a través de la reducción del pH luminal, lo que podría ser importante para prevenir la colonización e inhibir el crecimiento de enteropatógenos sensibles al ácido (Figura 1; Gill et al., 2021).

Figura 1

Mecanismos por los cuales las diferentes fibras dietéticas afectan el tracto gastrointestinal (Gill et al., 2021).



2.2.3. Uso de enzimas exógenas en las aves

Los primeros usos de enzimas exógenas en la producción animal fueron desde 1925, estas investigaciones abrieron paso a casi 100 años de desarrollo de aditivos dietarios, siendo carbohidrasas, proteasas y fitasas principalmente (Bedford et al., 2024). La adición de enzimas exógenas es desglosar el nutriente del sustrato insoluble y catalizar directamente sobre el nutriente para su fácil asimilación (Sanz, R. M. A., 2012).

El uso de carbohidrasas para mejorar la energía de los alimentos se ha convertido en una práctica común, reportándose que la suplementación de multi-carbohidrasas en dietas avícolas, como xilanasas, β -glucanasas y arabinofuranosidasas, puede mejorar la utilización de energía y proteína, la digestibilidad de nutrientes y las tasas de crecimiento (Saleh et al., 2019). La mejora en la disponibilidad de nutrientes se consigue porque estas enzimas externas actúan descomponiendo los polisacáridos no amiláceos, lo que a su vez reduce la viscosidad del bolo alimenticio en el intestino (Musigwa et al., 2021). Los insumos convencionales utilizados

contienen fibra a diferentes niveles. El maíz tiene alto contenido de hemicelulosa, que están contenidos por los xilanos con una cantidad de 7.24 ± 0.37 g/L (Ramírez, et al., 2022). La soya es un insumo proteico, de los cuales el 25% de la materia seca son PNA, del cual 50 a 55% es pectina, 25% celulosa y 8 % betaglucanos (Domínguez, et al.,2009).

Las xilanasas, al hidrolizar los xilanos, además de la proteína y el almidón, disminuyen la viscosidad intestinal (Castillón, 2016). Estudios realizados mostraron que estas enzimas catalizan la pared celular de los PNA (Domínguez, et al.,2009). La celulasa hidroliza largas cadenas de oligosacáridos (Ovando-Chacón & Waliszewski, 2005). Las betas glucanasas son enzimas que actúan sobre los beta glucanos de los ingredientes, y su acción se ve reflejada en disminución de camas húmedas y amoníaco (Manrique, 2019). Las pectinasas son enzimas que descomponen la pectina, un heteropolisacárido estructural que se encuentra en las paredes celulares primarias de las plantas terrestres, cereales, fibras, frutas y verduras (Rodrigues, 2016).

Las altas demandas de aminoácidos por parte del pollo de carne se pueden satisfacer aumentando el contenido de proteína o añadiendo proteasa exógena que complementará el sistema proteolítico endógeno para digerir mejor la proteína de la dieta (Mahmood et al., 2017). Las proteasas, al igual que otras enzimas, son específicas del pH, y una amplia variación en el pH del tracto gastrointestinal, que va desde el entorno altamente ácido del proventrículo hasta el ambiente relativamente neutro del intestino delgado, influirá sobre la capacidad digestiva, por lo que justifica el uso de una combinación de proteasas (Mahmood et al., 2017).

El fósforo vegetal se presenta como ácido fítico, pudiendo representar hasta el 80%, y es en gran medida inaccesible para los animales monogástricos (Wise et al., 2024). La inclusión de fitasa exógena en el alimento de animales no rumiantes es beneficiosa para la digestión y absorción de P de fuentes orgánicas, ya que degrada el fitato y libera el P disponible (Wise et al., 2024). Además, las fitasas tienen efectos extrafosforicos que incluyen un mejor crecimiento, consumo de alimento y digestibilidad de otros nutrientes como minerales, energía y aminoácidos (Selle y Ravindran, 2007).

Las lipasas actúan sobre los lípidos por hidrólisis, convirtiendo de triglicéridos a ácidos grasos y glicerol, son enzimas solubles al agua; las aves jóvenes digieren menos los lípidos, pero esta aumenta hasta la 8va semana, siendo los lípidos una fuente de energía, estructura celular y generar un alto costo en su alimentación. (Vaca & Zúñiga, 2022).

Figura 2

Enzimas en alimentación aviar: novedades y aplicación práctica (Sanz, 2012).

Actividad Primaria sobre:	Proteína	Energía	Minerales
Fitasa			
Enzimas para PNA			
Amilasa			
Proteasa			

2.3. Definición de términos básicos

Fermentación: Proceso que degrada moléculas para transformarlas en otras moléculas más simples.

Catalizar: Reacción química que acelera la descomposición de un nutriente.

Congestión: Obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo.

Enzima: Son proteínas complejas que producen un cambio químico específico.

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis general

Ho: La inclusión de la harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta NO influye sobre el rendimiento productivo de pollos de carne.

Ha: La inclusión de la harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta SI influye sobre el rendimiento productivo de pollos de carne.

2.4.1. Hipótesis específicas

HEn1: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta NO influye sobre la ganancia de peso de pollos de carne.

HEa1: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta SI influye sobre la ganancia de peso de pollos de carne.

HEn2: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta

NO influye sobre la conversión alimenticia de pollos de carne.

HEa2: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta
SI influye sobre la conversión alimenticia de pollos de carne.

HEa3: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta
NO influye sobre el rendimiento de carcasa de pollos de carne.

HEa3: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta
SI influye sobre el rendimiento de carcasa de pollos de carne.

HEa4: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta
NO influye sobre el peso del hígado de pollos de carne.

HEa4: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta
SI influye sobre el peso del hígado de pollos de carne.

HEa5: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta
NO influye sobre el rendimiento de la grasa abdominal de pollos de carne.

HEa5: La inclusión de harina de hoja de alfalfa más un complejo multienzimático en la dieta
SI influye sobre el rendimiento de la grasa abdominal de pollos de carne

2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 3

Operacionalización de las variables.

	Variable	Definición conceptual	Tipo de variable	Dimensiones	Indicador
Independiente (X)	X1: Dieta control	Dieta convencional en base a harina de soya y maíz	Cuantitativa continua	Sin HA	%
	X2: Inclusión de harina de alfalfa	Hoja de alfalfa deshidratada y molida		Con HA	8%
	X3: Inclusión de harina de alfalfa + complejo enzimático	Complejo enzimático: conjunto de enzimas que favorecen en la digestión de la fibra		Con HA + CME	8% + CME
Dependiente (Y)	Y1: Ganancia de peso	Incremento de peso	Cuantitativa continua	36 días	Kg
	Y2: Conversión alimenticia	Eficiencia de convertir el alimento en incremento de peso		36 días	g/kg
	Y3: Rendimiento de carcasa	Relación de la fracción comestible con respecto al peso corporal		36 días	%
	Y4: Peso hígado	Peso en gramos del hígado al sacrificio		36 días	G
	Y5: Rendimiento de grasa abdominal	peso de la grasa abdominal con relación al peso de la carcasa		36 días	%

CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1. Gestión del experimento

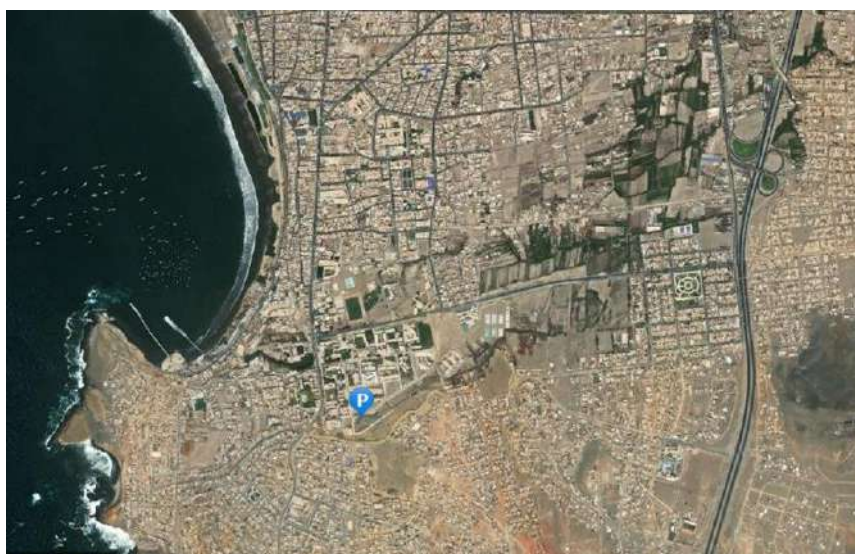
3.1.1. Ubicación

La Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica albergó y ejecutó el experimento en su Granja Experimental de Aves, Huacho, provincia de Huaura, región Lima, durante los meses de noviembre y diciembre del 2023.

Como se muestra en la Figura 3, el área de investigación se sitúa en los -11.1258° de latitud Sur y -77.6087° de longitud Oeste, a 67 metros de altitud.

Figura 3

Mapa de ubicación del Centro Experimental de la Escuela profesional de Ingeniería Zootecnia.



3.1.2. Características del área experimental

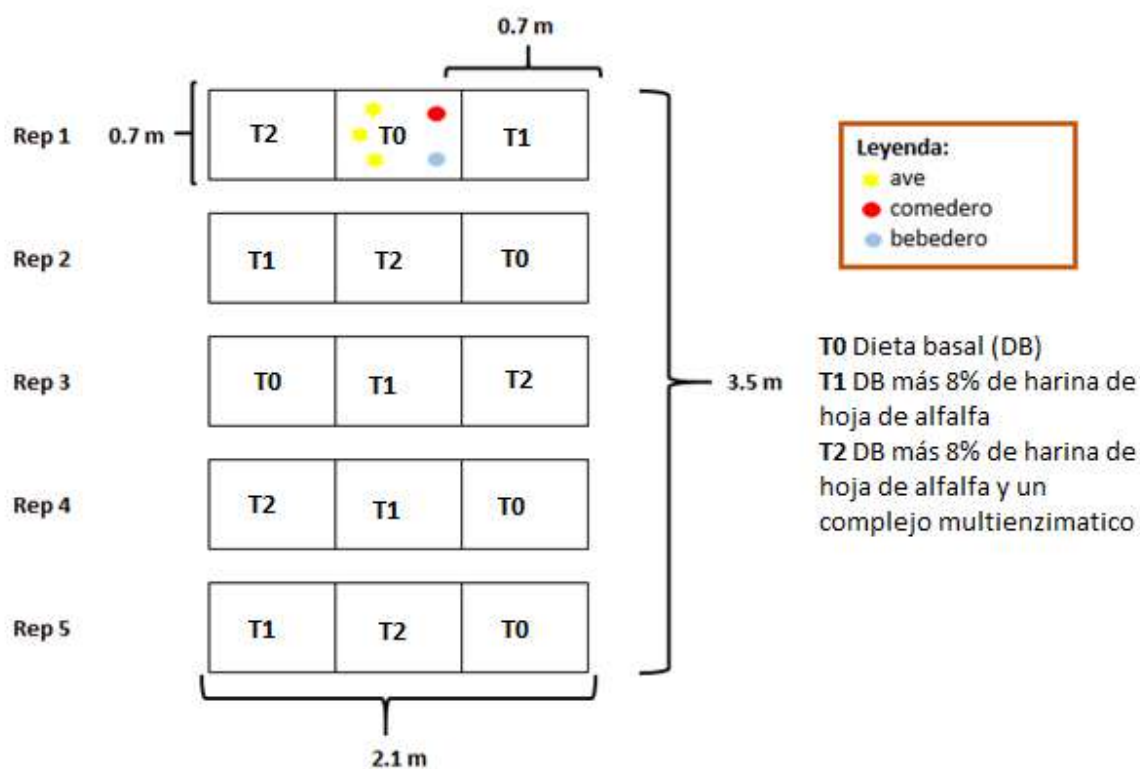
Las condiciones y particularidades del área donde se realizó el experimento se detallan a continuación: área de 120 m² (12m largo x 10 m ancho) y piso de cemento. El entorno del galpón era enmallado, con corrales divididos de un metro cuadrado. Para la etapa de inicio (0 a 21 días) se construyó un corral circular utilizando material nordex. El corral circular estaba dentro de un microclima elaborado con mantas, que contaba con una campana de calefacción

que se fue regulando de acuerdo con la temperatura confort del ave, según las recomendaciones de Cobb 500. Los corrales utilizados durante la etapa experimental (22-36 días) se levantaron con malla de nylon y listones de madera. De acuerdo con las pautas de Cobb, cada unidad de alojamiento disponía de su respectivo bebedero de goteo y comedero lineal (2022). Estos corrales tenían una dimensión de un metro cuadrado, donde fueron distribuidos al azar tres aves por corral experimental.

La figura 4 muestra la distribución de las unidades experimentales.

Figura 4

Distribución de los tres tratamientos y sus respectivas replicaciones.



3.1.3. Tratamientos

Se establecieron los siguientes grupos de tratamiento:

T0: Dieta convencional en base a maíz y soya (Control).

T1: Dieta con 8% de harina de hojas de alfalfa (HHA).

T2: Dieta con 8% HHA más complejo multienzimático (HHAE).

El complejo enzimático utilizado fue el Artezyme cuya composición fue el siguiente (Artezyme versión – 2.21: U/g): 11 000 U xilanasas, 7 000 U celulasas, 800 U beta glucanasa, 150 U fitasa, 800 U alfa amilasa, 100 U pectinasa, 3500 U proteasa y 12 U lipasa.

Las dietas experimentales con su respectiva composición nutricional se muestran en la tabla 2. Todas las dietas contenían 0.05% de coccidiostato, 0.05% de antibiótico promotor de crecimiento, 0.05% de antifúngico, 0.30% de bicarbonato de sodio y 0.15% de premezcla de vitaminas y minerales.

Tabla 3

Composición porcentual y contenido nutricional de las dietas experimentales propuestas para la etapa (22 a 36 días).

Ingredientes	Tratamientos		
	T0: Control	T1: HHA	T2: HHAE
Aceite de soya	2.15	5.00	5.00
Maíz 8	54.94	45.19	45.16
Soya integral tostada	20.00	20.00	20.00
Harina soya 44	19.57	18.80	18.80
DI metionina	0.196	0.196	0.196
Triptófano		0.012	0.012
Carbonato de calcio	0.807	0.537	0.537
Fosfato dicálcico	1.405	1.338	1.338
Sal	0.277	0.281	0.281
HHA	-	8.00	8.00
Complejo multienzimático	-	-	0.03
Contenido nutricional			
EM, kcal/kg	3150	3150	3150
PC, %	20.58	22.58	22.58
Lisina, %	1.124	1.164	1.164
M+C, %	0.832	0.832	0.832
Triptófano, %	0.266	0.287	0.287
Treonina, %	0.816	0.847	0.847
Fibra	(3.194) 100%	(5.131) 161%	(5.131) 161%
Grasa	8.144	10.785	10.785
Calcio	0.758	0.758	0.758
P disp.	0.374	0.374	0.374
Sodio	0.208	0.208	0.208

Nota. Las dietas de prueba fueron elaboradas conforme a las especificaciones nutricionales establecidas por Cobb (2022).

3.1.4. Diseño experimental

El estudio se ejecutó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), compuesto por tres tratamientos con cinco repeticiones para cada uno. Cada unidad experimental se representó por una replicación.

3.1.5. Variables evaluadas

Las variables dependientes medidas fueron los siguientes los siguientes:

Ganancia de peso: Se peso cada semana, hasta los 36 días de edad. La ganancia de peso se determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia de peso} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

Conversión alimenticia: Con este parámetro se calculó cuántos kilogramos de alimento consume el pollo de carne, para ganar un kilogramo de peso. La fórmula fue la siguiente:

$$CA = (\text{Consumo de alimento (kg)}) / (\text{Peso final} - \text{Peso inicial})$$

Rendimiento de canal: Es la proporción de peso de la canal en relación con su peso vivo después del sacrificio. Se consideró canal al ave sacrificado pelado y desangrado, sin cabeza, patas y vísceras.

$$\text{Rendimiento de canal (\%)} = \text{Peso de la carcasa} / \text{peso vivo} \times 100$$

Peso del hígado: Se expresó en porcentaje del total de la canal.

$$\text{Peso hígado (\%)} = \text{peso del hígado} / \text{peso de la carcasa} \times 100$$

Deposición de grasa abdominal: se evaluó el peso de la grasa abdominal con relación al peso de la canal.

$$\text{Grasa abdominal (\%)} = (\text{Peso de la grasa abdominal}) / (\text{Peso de carcasa}) \times 100$$

3.1.6. Conducción del experimento

Las aves fueron recepcionadas y alimentadas con un mismo alimento hasta los 21 días de edad.

Al día 22 en el inicio del experimento fueron distribuidas en 15 corrales de manera uniforme en el peso inicial de las unidades experimentales.

Durante el periodo de crianza de 36 días, las aves fueron manejadas siguiendo este protocolo:

- Se llevó a cabo una distribución aleatoria de los pollos en 15 corrales. El objetivo principal es lograr una uniformidad en el peso inicial entre todos los grupos experimentales.
- Durante el transcurso del experimento, se garantizará el acceso ilimitado a alimento y agua. Además, se implementarán rigurosas medidas de bioseguridad, incluyendo el control de acceso de personal, la desinfección regular de las instalaciones y la limpieza frecuente de comederos, bebederos y corrales, así como la renovación periódica de la cama.
- Se recolectarán datos de peso semanalmente de los pollos, desde su recepción hasta los 36 días de edad, para el análisis experimental.
- El consumo de alimento será medido y registrado cada semana a lo largo de todo el experimento.
- Al concluir el experimento, se seleccionará un ave de cada corral experimental para evaluar el rendimiento del canal. Se realizará el sacrificio aprovechando el ayuno nocturno, a primeras horas del día programado. Las aves serán pesadas, sacrificadas mediante dislocación cervical, desangradas, desplumadas y evisceradas. Posteriormente, se volverá a pesar para determinar el peso de la sangre y las plumas, así como el peso del canal, incluyendo cabeza, patas, molleja, hígado y corazón.

3.2. Técnicas para el procesamiento de la información

Se empleó el Análisis de Varianza (ANOVA) junto con la prueba de Tukey, debido a que cumplieron los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Para aislar el efecto de la variable peso vivo inicial sobre el peso corporal, el consumo de alimento y la conversión alimenticia, se utilizó el Análisis de Covarianza (ANCOVA). Los cálculos estadísticos fueron realizados en el software R..

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Peso corporal y ganancia de peso

Los datos de peso corporal y ganancia de peso de los pollos de carne se presentan en la Tabla 5 que consumieron dietas con harina de hoja de alfalfa y un complemento multienzimático. El análisis estadístico encontró diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos sobre el peso corporal y la ganancia de peso ($p < 0.01$). La inclusión de 8% de harina de hoja de alfalfa y la inclusión al 8% de harina de hoja de alfalfa más enzima mostraron el menor peso corporal y ganancia de peso total comparado con el tratamiento control.

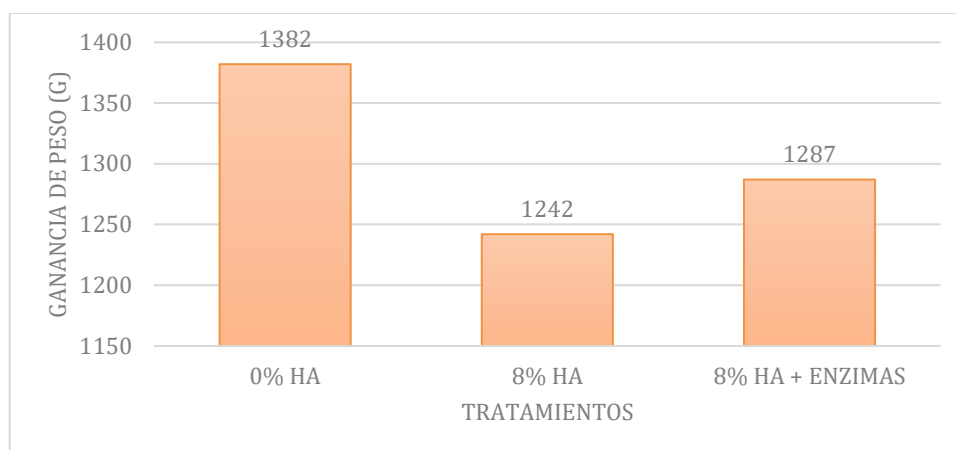
Tabla 4

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas el peso corporal y la ganancia de peso total de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.

Tratamientos	Peso corporal, g		Ganancia de peso (g), 22 a 36 d
	22 d	36 d	
T0: Control	1007 $\pm$ 27	2389 $\pm$ 9 ^a	1382 $\pm$ 35 ^a
T1: HHA	1008 $\pm$ 29	2250 $\pm$ 77 ^b	1242 $\pm$ 62 ^b
T2: HHAE	990 $\pm$ 19	2277 $\pm$ 69 ^b	1287 $\pm$ 65 ^b
<i>p-valor</i>		0.008	0.006

Figura 5

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre la ganancia de peso total de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.



4.2. Consumo de alimento y conversión alimenticia

El propósito de la Tabla 6 es presentar el consumo de alimento y la conversión alimenticia en pollos de carne que fueron alimentados con dietas que incluían harina de hoja de alfalfa (HHA) y un complemento multienzimático. El análisis estadístico encontró diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento ($p < 0.01$), pero no encontró diferencia estadística significativa para la conversión alimenticia. La inclusión de 8% de harina de hoja de alfalfa y la inclusión al 8% de harina de hoja de alfalfa más enzima mostraron el menor consumo de alimento comparado con el tratamiento control.

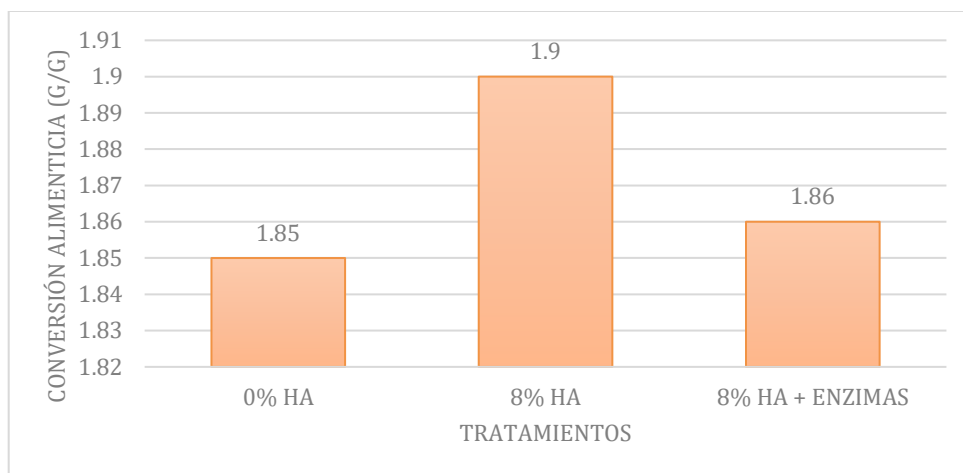
Tabla 5

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el consumo de alimento y conversión alimenticia de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.

Tratamientos	Consumo de alimento, g	Conversión alimenticia, g/g
T0: Control	2552 ± 52 ^a	1.85 ± 0.04
T1: HHA	2356 ± 57 ^b	1.90 ± 0.06
T2: HHAE	2392 ± 89 ^b	1.86 ± 0.04
<i>p-valor</i>	<i>0.001</i>	<i>0.274</i>

Figura 6

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre la conversión alimenticia de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.



4.3. Rendimiento de canal, hígado y grasa abdominal

La tabla 7 muestra el rendimiento de canal, hígado y grasa abdominal en pollos de carne que consumieron dietas con harina de hoja de alfalfa y un complemento multienzimático. El análisis estadístico encontró diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos sobre la grasa abdominal ($p < 0.01$), pero no encontró diferencia estadística significativa para el rendimiento de canal e hígado. La inclusión de 8% de harina de hoja de alfalfa y la inclusión al 8% de harina de hoja de alfalfa más enzima mostraron un mayor porcentaje de grasa abdominal comparado con el tratamiento control.

Tabla 6

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de la canal, hígado y deposición de grasa abdominal de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.

Tratamientos	Canal, %	Hígado, %	Grasa abdominal, %
T0: Control	78.8	1.93	9.42 ^b
T1: HHA	75.5	1.98	13.28 ^a
T2: HHAE	75.8	2.00	13.24 ^a
<i>p-valor</i>	<i>0.113</i>	<i>0.859</i>	<i><0.001</i>

Figura 7

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de la canal de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.

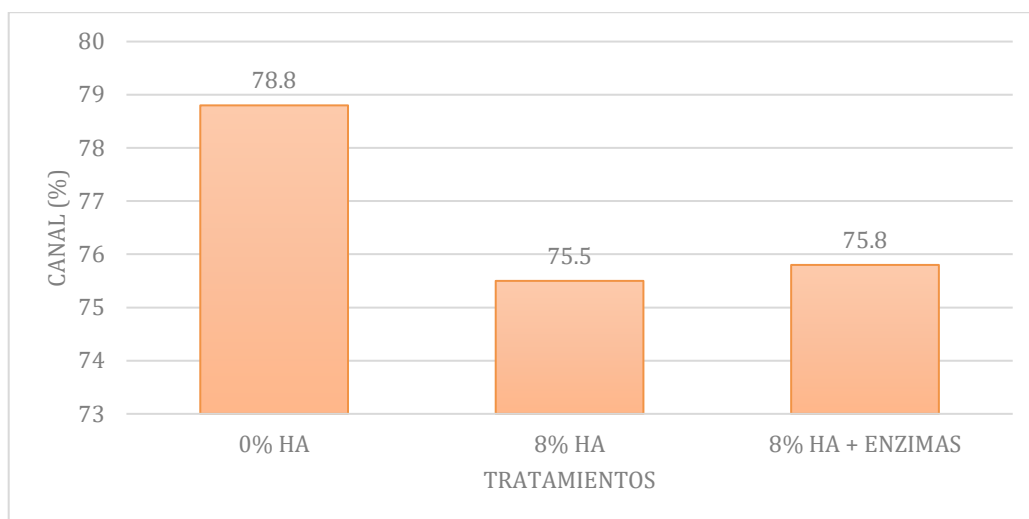
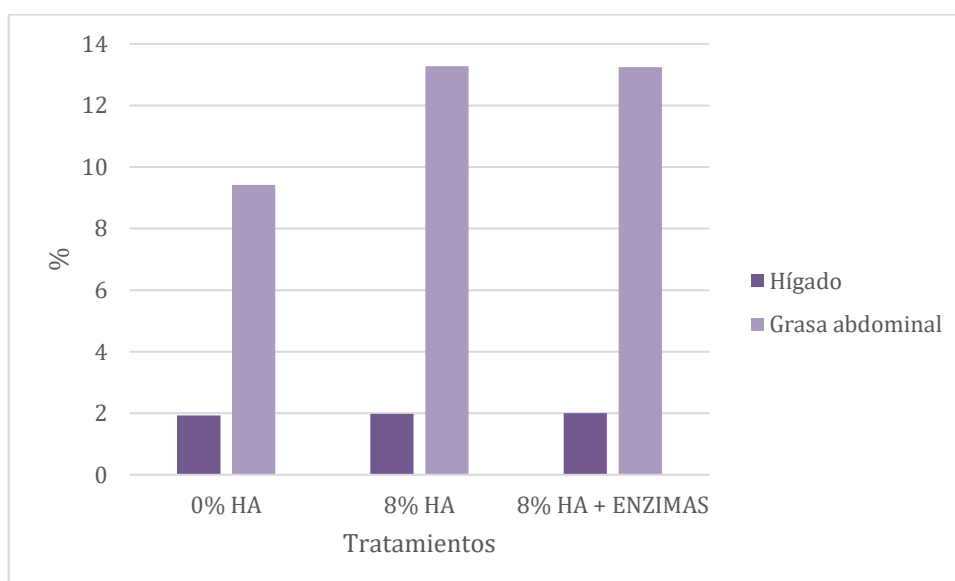


Figura 8

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de hígado y deposición de grasa abdominal de pollos de carne desde los 22 hasta los 36 días de edad.



4.4.Molleja e Intestinos

La tabla 8 muestra el rendimiento de molleja e intestinos en pollos de carne que consumieron dietas con harina de hoja de alfalfa y un complemento multienzimático. Estadísticamente, los tratamientos implementados no ejercieron un efecto notable en el rendimiento relativo de la molleja y los intestinos ($p < 0.01$). La inclusión de 8% de harina de hoja de alfalfa y la inclusión al 8% de harina de hoja de alfalfa más enzima no mostraron un mayor o menor porcentaje molleja e intestinos.

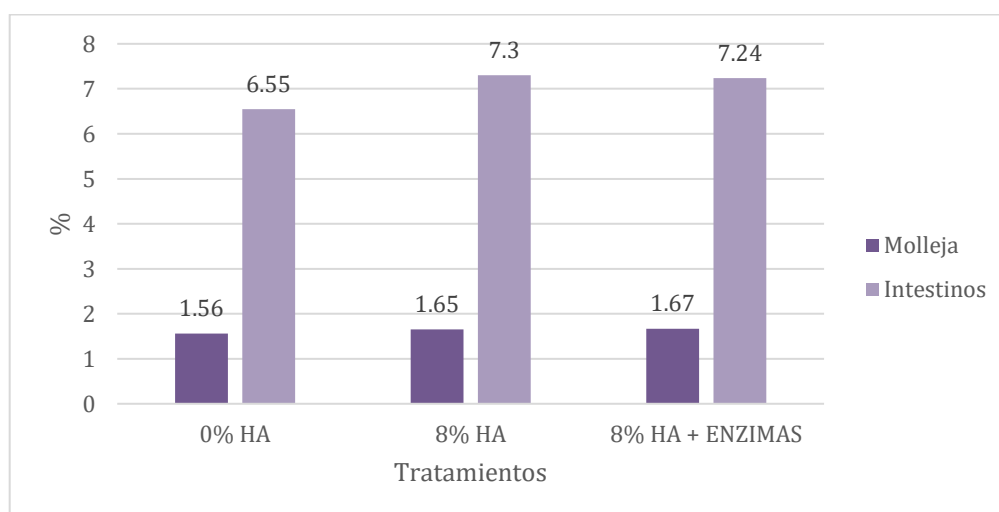
Tabla 7

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de la molleja e intestinos de pollos de carne a los 36 días de edad.

Tratamientos	Molleja, %	Intestinos, %
T0: Control	1.56	6.55
T1: HHA	1.65	7.30
T2: HHA E	1.67	7.24
<i>p-valor</i>	<i>0.540</i>	<i>0.195</i>

Figura 9

Efecto de la harina de hoja de alfalfa y su suplementación con enzimas sobre el rendimiento de hígado y deposición de grasa abdominal de pollos de carne a los 36 días de edad.



CAPITULO V. DISCUSIONES

5.1. Peso corporal y ganancia de peso

Las aves tienen dificultades para digerir la fibra, lo que limita la variedad de alimentos que se les pueden dar. Las dietas comunes, basadas en maíz y soya, ya contienen 10% de fibra (Catedra Avícola Latam, 2021), pero no es suficiente. Para solucionar esto, se propone agregar enzimas especiales a la dieta que ayuden a las aves a digerir mejor la fibra (Álvarez, 2004)

En el presente estudio, las aves de las dietas con solo HHA y HHAE mostraron menores ganancias de peso comparado con las de la dieta convencional. Estos resultados coinciden con las de otros autores. Gulizia y Downs (2020) al incluir harina de alfalfa (7.3%) en la dieta en aves tampoco observó mejoras en ganancia de peso. Paredes & Lorena (2020) las aves alimentadas con dietas que contenían Harina de Hoja de Alfalfa (HHA) mostraron una reducción en la ganancia de peso (5% y 10%) comparado con la dieta convencional. Elevados niveles de harina de hojas podrían causar desequilibrio de nutrientes e inhibir vías metabólicas claves, lo que afectaría el crecimiento animal (Gudiso et al., 2019).

La inclusión de HHA aumentaría el contenido de PNA lo que aumenta la viscosidad y reduce la digestión y absorción de nutrientes (Tejeda y Kim, 2021). La inclusión de un complejo multienzimático podría paliar estos efectos negativos, sin embargo, estos efectos no fueron observados en el presente estudio. Además, un aspecto negativo del uso de harinas de hojas es que contienen proantocianidinas como los taninos, flavonoides y fitato, que afectan el crecimiento a un alto nivel de inclusión (Gudiso et al., 2019).

5.2. Consumo de alimento y conversión alimenticia

En el análisis, la inclusión de 8% de HHA, con o sin suplementación de enzima, disminuyó el consumo de alimento. La alta presencia de antocianinas en la harina de hojas también puede suprimir la ingesta de alimentos cuando se utiliza altos niveles (Gudiso et al., 2019). Además, el aumento de fibra en la dieta genera congestión a nivel de la molleja ocasionando un lento pasaje del alimento a través del tracto digestivo. Esto genera una secuencia hormonal relacionado con la saciedad lo que conduce a un menor consumo de alimento (Catedra Avícola Latam, 2021). Este resultado contradice a He et al. (2021) que tuvo resultados donde la ingesta de alimento de las aves fue mayor en aves alimentadas con alfalfa.

Sánchez et al. (2022) menciona que la inclusión de fibra en la dieta genera una congestión al nivel de la molleja, disminuyendo su consumo.

La inclusión HHA, sola o con enzimas, no afectó la eficiencia de la conversión alimenticia, y fue similar al tratamiento control. Esto debido a que las aves de las dietas con menor ganancia de peso también mostraron menores consumos de alimento. Este resultado concuerda con lo reportado por Paredes & Lorena (2020) donde observaron que no hubo diferencia en la conversión alimenticia entre el tratamiento control y tratamientos con harina de alfalfa (5 y 10%). Estos resultados contradicen a Gulizia y Downs 2020) donde mostró que las aves alimentadas con harina de alfalfa (7.3%) tuvieron una mayor conversión alimenticia ajustada que el control.

5.3. Rendimiento de canal, hígado y grasa abdominal

El rendimiento de la canal e hígado no fueron influenciados por la inclusión de HHA en el presente estudio. Mayores niveles de fibra en la dieta aumentan el crecimiento de los órganos de tracto intestinal (Paredes & Lorena, 2020), lo que podría relacionarse con menor rendimiento a la hora del sacrificio. Paredes & Lorena (2020) muestran que las aves que consumieron 10% de HHA tuvieron un menor en peso y rendimiento de canal, sin embargo, esto fue relacionado con el peso del ave viva ya que en diferencias de rendimientos no se observó diferencias.

El hígado cumple la función de regular tanto el metabolismo general del organismo como los procesos de secreción, almacenamiento y detoxificación de sustancias endógenas y exógenas (Mega et al., 2021). Las antocianinas presente en las harina de hojas muestran actividades antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes (Amer et al., 2022), lo que podría causar una hipertrofia por una mayor actividad hepática. En el presente estudio, el peso del hígado no fue afectados por la inclusión de la HHA con o sin suplementación de enzimas. Por lo contrario, Paredes & Lorena (2020) si obtienen resultados en las aves alimentadas con harina de alfalfa al 10% en su dieta hasta un aumento de 5.9% en el peso relativo, donde mencionan que quizás al incluir fibra en la dieta aumente el peso del tracto gastrointestinal de las aves.

El consumo de hierbas y compuestos naturales pueden influir sobre el metabolismo lipídico (Zhao et al., 2024), por lo que medir la deposición de grasa abdominal podría ser un indicador pertinente. En el estudio, la inclusión de HHA aumento la deposición de la grasa abdominal; resultado que coincide con el estudio de Paredes & Lorena (2020) donde el

porcentaje de grasa abdominal aumentó en las aves alimentadas con harina de alfalfa. Estos autores sugieren que el aumento de grasa abdominal por la ingesta de alfalfa sería debido a la mejora del sistema inmunológico, que, al no pasar por desafíos de enfermedades, existiría un ahorro de nutrientes derivados hacia el metabolismo lipídico. Otra explicación posible del aumento de grasa abdominal podría ser debido a una mayor fermentación microbiana de la fibra a nivel de colon y ciego, liberándose metabolitos secundarios como los ácidos grasos volátiles, principalmente, butírico (Mazur-Kuśnerek et al., 2024). Estos ácidos grasos son utilizados por vías metabólicas relacionadas con la síntesis de lípidos (McDonald et al., 2010).

5.4. Molleja e Intestinos

La inclusión de HHA, complementado con o sin enzimas, no influyó sobre el rendimiento de la molleja e intestinos. Estos resultados difieren a los de Paredes & Lorena (2020) quienes observaron mayores tamaños de molleja cuando incluyeron 10% de alfalfa en la dieta.

Con respecto a los intestinos, numéricamente se observó mayor desarrollo intestinal. Esto se debería a que los intestinos tienden a tener un mayor desarrollo a mayor nivel de fibra en la dieta debido a la constipación que esta genera (Catedra Avícola Latam, 2021). Paredes & Lorena (2020) reportan mayor peso relativo de intestinos con la inclusión de 10% de alfalfa, este resultado puede ser porque la fibra en el intestino libera ácidos grasos volátiles y este aumenta el peso relativo de los intestinos (Sánchez et al., 2022). La inclusión de enzimas no mejoró el peso del rendimiento de intestinos, pese a que este acelere su desnaturalización.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la evidencia generada por este estudio, se presentan a continuación las conclusiones y las recomendaciones pertinentes.

6.1. Conclusiones

La inclusión de HHA con o sin enzima disminuyó el peso corporal y la ganancia de peso.

La inclusión de HHA con o sin enzima disminuyó el consumo de alimento.

La inclusión de HHA no influyó sobre la conversión alimenticia.

La inclusión de HHA el factor evaluado no tuvo repercusiones en el rendimiento de la canal ni en las características del hígado.

La inclusión de HHA aumentó la deposición de grasa abdominal.

La inclusión de HHA no influyó sobre el desarrollo de la molleja e intestinos.

6.2. Recomendaciones

Evaluar la inclusión de menores niveles de HHA con o sin la suplementación de enzimas.

Analizar el impacto de la HHA en la histomorfología intestinal y en la población microbiana cecal.

CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adibmoradi, M., Navidshad, B., & 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.
- Álvarez, R. (2004). Efecto de la adición de enzimas exógenas y afrechillo de trigo sobre la productividad de pollos de engorde. *Rev. Fac. Cs. Vets.-UCV*, 45(1), 00-00.
- Amer, S. A., Al-Khalaifah, H. S., Gouda, A., Osman, A., Goda, N. I. A., Mohammed, H. A., Darwish, M. I. M., Hassan, A. M., & Mohamed, S. K. A. (2022). Potential Effects of Anthocyanin-Rich Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extract on the Growth, Intestinal Histomorphology, Blood Biochemical Parameters, and the Immune Status of Broiler Chickens. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 11(3), 544. <https://doi.org/10.3390/antiox11030544>
- Bedford, M. R., Svihus, B., & Cowieson, A. J. (2024). Dietary fibre effects and the interplay with exogenous carbohydrases in poultry nutrition. *Animal Nutrition*, 16(2), 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.09.007>
- Bondi, A (1988). *Nutrición Animal*. Edit. Acribia, Zaragoza. <https://es.scribd.com/document/366828322/Nutricion-animal-A-Bondi-pdf>
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (19 de julio de 2024). alfalfa. *Enciclopedia Británica*. <https://www.britannica.com/plant/alfalfa>
- Castillón Poma, D. (2016). Efecto de la inclusión de Xilanasa en dietas basadas en maíz sobre la producción de pollos de carne en la unidad experimental de Avicultura-Unalm–Lima.
- Cobb 500 Broiler (2022). Performance & Nutrition Supplement. <https://www.cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/2022-Cobb500-Broiler-Performance-Nutrition-Supplement.pdf>
- Catedra Avícola Latam. (10 de diciembre de 2021). *Beneficios de la fermentación de la fibra En aves*. [Archivo de Video]. https://www.youtube.com/watch?v=jcJcuwRFaRk&ab_channel=CatedraAv%C3%ADcolaLatam

- Choct, M. (2015, October). Fibre-Chemistry and functions in poultry nutrition. In *LII Simposio Científico de Avicultura, Málaga* (Vol. 28, pp. 113-119).
- Domínguez, A. D. M., Cuevas, A. C., Martínez, B. F., Coello, C. L., & González, E. A. (2009). Efecto de un complejo enzimático en dietas sorgo+ soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos. *Técnica pecuaria en México*, 47(1), 15-25.
- Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H. P., & Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: a review. *The British Journal of Nutrition*, 88(6), 587–605. <https://doi.org/10.1079/BJN2002725>
- Fries-Craft, K., Schmitz-Esser, S., & Bobeck, E. A. (2023). Dietary alfalfa hay or lipid-soluble alfalfa extract may improve broiler growth, but fiber presence may be detrimental during *Eimeria* vaccine challenge. *Poultry Science*, 102(11), 103019. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103019>
- Gawel, E., Grzelak, M., & Janyszek, M. (2017). Lucerne (*Medicago sativa* L.) in the human diet—Case reports and short reports. *Journal of herbal medicine*, 10, 8-16.
- Gill, S. K., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan, K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature reviews. Gastroenterology & hepatology*, 18(2), 101–116. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00375-4>
- Gudiso, X., Hlatini, V., Chimonyo, M., & Mafongoya, P. (2019). Response of broiler (*Gallus gallus domesticus*) performance and carcass traits to increasing levels of *Acacia angustissima* leaf meal as a partial replacement of standard protein sources. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(1), 13-22.
- Gulizia, J. P., & Downs, K. M. (2020). Comparison of Dietary Kudzu Leaf Meal (*Pueraria montana* Var. *lobata*) and Alfalfa Meal Supplementation Effect on Broiler (*Gallus gallus domesticus*) Performance, Carcass Characteristics, and Organ Parameters. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 10(1), 147. <https://doi.org/10.3390/ani10010147>
- Hamer, H. M., Jonkers, D. M., Bast, A., Vanhoutvin, S. A., Fischer, M. A., Kodde, A., Troost, F. J., Venema, K., & Brummer, R. J. (2009). Butyrate modulates oxidative stress in the colonic

mucosa of healthy humans. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 28(1), 88–93.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.11.002>

He, G., Zhao, L., Shishir, M. S. R., Yang, Y., Li, Q., Cheng, L., & Guo, A. (2021). Influence of alfalfa meal, as a source of dietary fibre, on growth performance, development, pH of gastrointestinal tract, blood biochemical profile, and meat quality of broilers. *Journal of Applied Animal Research*, 49(1), 431-439.

Hu, L., Zhao, M., Hu, Y., Xu, Q., & Lu, R. (2024). Identification and Functional Characterization of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Expansins in Regulating Arabidopsis Shoot and Root Development. *Agronomy*, 14(11), 2492.

Jiang, J. F., Song, X. M., Huang, X., Zhou, W. D., Wu, J. L., Zhu, Z. G., Zheng, H. C., & Jiang, Y. Q. (2012). Effects of alfalfa meal on growth performance and gastrointestinal tract development of growing ducks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(10), 1445–1450.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12190>

Jozefiak, D., Rutkowski, A., Kaczmarek, S., Jensen, B. B., Engberg, R. M., & Højberg, O. (2010). Effect of β -glucanase and xylanase supplementation of barley- and rye-based diets on caecal microbiota of broiler chickens. *British poultry science*, 51(4), 546–557,
<https://doi.org/10.1080/00071668.2010.507243>.

Kaczmarczyk, M. M., Miller, M. J., & Freund, G. G. (2012). The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism: clinical and experimental*, 61(8), 1058–1066.
<https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.01.017>

Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N. M., Introna, M., & Tufarelli, V. (2014). Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: effects on productive traits and egg quality. *Poultry Science*, 93(7), 1868–1874. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03831>

Lloveras Vilamanyà, J., & Melines, M. (2015). La calidad de la alfalfa. Posibles clasificaciones.

Mahmood, T., Mirza, M. A., Nawaz, H., & Shahid, M. (2017). Effect of different exogenous proteases on growth performance, nutrient digestibility, and carcass response in broiler chickens fed poultry by-product meal-based diets. *Livestock Science*, 200, 71-75.

- Manrique Luna, B. (2019). Efecto de las carbohidrasas en dietas a base de maíz y soya sobre los índices productivos y peso de órganos en pollos de carne.
- Mateos, G. G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M. P., & Lázaro, R. P. (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.
- Mazur-Kuśnerek, M., Lipiński, K., Antoszkiewicz, Z., & Matuszevičius, P. (2024). Different forms of butyric acid in poultry nutrition—a review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 33(3), 270-280.
- McDonald, P., Edwards, L.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., & Wilkinson, R.G. (2010). *Animal Nutrition* (7ma ed.). Benjamin-Cummings, New York. 714 p.: <http://gohardanehco.com/wp-content/uploads/2014/02/Animal-Nutrition.pdf>
- Mega, A., Marzi, L., Kob, M., Piccin, A., & Floreani, A. (2021). Food and Nutrition in the Pathogenesis of Liver Damage. *Nutrients*, 13(4), 1326. <https://doi.org/10.3390/nu13041326>
- Mielmann, A., Bothma, C., Hugo, A., & Hugo, C. J. (2017). A comparative study of the chemical composition of lucerne (*Medicago sativa* L.) and spinach beet (*Beta vulgaris* var. cicla L.). *South African Journal of Botany*, 108, 8-14.
- Mithieux, G. (2014). Metabolic effects of portal vein sensing. *Diabetes, obesity & metabolism*, 16 Suppl 1, 56–60. <https://doi.org/10.1111/dom.12338>
- Musigwa, S., Morgan, N., Swick, R. A., Cozannet, P., Kheravii, S. K., & Wu, S. B. (2021). Multi-carbohydrase enzymes improve feed energy in broiler diets containing standard or low crude protein. *Animal Nutrition*, 7(2), 496-505.
- Ovando-Chacón, S. L., & Waliszewski, K. N. (2005). Preparativos de celulasas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos. *Universidad y ciencia*, 21(42), 113-122.
- Paredes, M., & Lorena Risso, A. (2020). Efectos de la inclusión dietaria de harina de alfalfa sobre rendimiento productivo, carcasa y peso de órganos digestivos y linfoides del pollo de carne tipo orgánico. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), e17846. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17846>

- Pleger, L., Weindl, P. N., Weindl, P. A., Carrasco, L. S., Leitao, C., Zhao, M., ... & Bellof, G. (2021). Precaecal digestibility of crude protein and amino acids from alfalfa (*Medicago sativa*) and red clover (*Trifolium pratense*) leaves and silages in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114856. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114856>
- Ramírez, Y. N. R., Herrera, T. G., Andrade, E. F., Morales, M. C., & Salazar, R. U. (2022). Aprovechamiento del olote de maíz mediante la extracción de xilanos y su potencial uso como sustrato para la cuantificación de la actividad enzimática xilanasa. *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 1(1), 245-253.
- Raza, A., Bashir, S., & Tabassum, R. (2019). An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. *Heliyon*, 5(4), e01437. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01437>
- Rodrigues, A. G. (2016). Secondary metabolism and antimicrobial metabolites of *Aspergillus*. In *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering* (pp. 81-93). Elsevier.
- Saleh, A. A., Kirrella, A. A., Abdo, S. E., Mousa, M. M., Badwi, N. A., Ebeid, T. A., Nada, A. L., & Mohamed, M. A. (2019). Effects of Dietary Xylanase and Arabinofuranosidase Combination on the Growth Performance, Lipid Peroxidation, Blood Constituents, and Immune Response of Broilers Fed Low-Energy Diets. *Animals : an open access journal from MDPI*, 9(7), 467. <https://doi.org/10.3390/ani9070467>
- Sánchez-Torres, Laura, Macias-Flores, Mario, Gutiérrez-Arenas, Diana, Arredondo-Castro, Mauricio, Valencia-Posadas, Mauricio, & Avila-Ramos, Fidel. (2022). Fiber as a prebiotic for poultry: a review. *Abanico veterinario*, 12, e2022-16. Epub 23 de junio de 2023. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.24>
- Sanz, R. M. A. (2012). Enzimas en alimentación aviar: novedades y aplicación práctica. *Ann. R. Acad. CC. Vet*, 20, 211-220.
- Sauvant, D., Perez, J. M., & Tran, G. (Eds.). (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. *Wageningen Academic Publishers*.
- Selle, P. H., & Ravindran, V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal feed science and*

technology, 135(1-2), 1-41.

- Silva, V. K., Morita, V. D. S., & Boleli, I. C. (2013). Effect of pectin extracted from citrus pulp on digesta characteristics and nutrient digestibility in broilers chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 575-583.
- Smith, P. M., Howitt, M. R., Panikov, N., Michaud, M., Gallini, C. A., Bohlooly-Y, M., Glickman, J. N., & Garrett, W. S. (2013). The microbial metabolites, short-chain fatty acids, regulate colonic Treg cell homeostasis. *Science (New York, N.Y.)*, 341(6145), 569–573. <https://doi.org/10.1126/science.1241165>
- Svihus, B., Choct, M., & Classen, H. L. (2013). Function and nutritional roles of the avian caeca: a review. *World's Poultry Science Journal*, 69(2), 249-264.
- Tejeda, J., & Kim, W. (2021). Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals : an open access journal from MDPI*, 11(2), 461. <https://doi.org/10.3390/ani11020461>
- Tellez, G., Latorre, J. D., Kuttappan, V. A., Kogut, M. H., Wolfenden, A., Hernandez-Velasco, X., Hargis, B. M., Bottje, W. G., Bielke, L. R., & Faulkner, O. B. (2014). Utilization of rye as energy source affects bacterial translocation, intestinal viscosity, microbiota composition, and bone mineralization in broiler chickens. *Frontiers in genetics*, 5, 339. <https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00339>
- Treviño, J., & Hernández, M. (1978). Efecto del estado de madurez de la planta sobre la composición de la fracción nitrogenada de la alfalfa aragón (*Medicago sativa* L.). *Pastos*, 8(1), 133-139. Recuperado de <https://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/623>
- Vaca, J. A., & Zúñiga, S. N. (2022). *Efecto de la enzima lipasa en los indicadores bioproductivos de pollitas ponedoras* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2022).
- Wise, T. L., Haetinger, V. S., Alagbe, E. O., Sorbara, J. O. B., & Adeola, O. (2024). Evaluation of exogenous phytase in high-phytate diets for broiler chickens and pigs. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 18(5), 101135. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101135>
- Xu, Z., Heuschele, D. J., Lamb, J. F., Jung, H. J. G., & Samac, D. A. (2023). Improved forage quality in alfalfa (*Medicago sativa* L.) via selection for increased stem fiber digestibility. *Agronomy*, 13(3), 770.

- You, L., Bao, W., Yao, C., Zhao, F., Jin, H., Huang, W., Li, B., Kwok, L. Y., & Liu, W. (2022). Changes in chemical composition, structural and functional microbiome during alfalfa (*Medicago sativa*) ensilage with *Lactobacillus plantarum* PS-8. *Animal nutrition* (Zhongguo xumu shou yi xue hui), 9, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.12.004>
- Zhao, J., Alimu, A., Li, Y., Lin, Z., Li, J., Wang, X., Wang, Y., Lv, G., Lin, H., & Lin, Z. (2024). Potential Anti-Obesity Effect of Hazel Leaf Extract in Mice and Network Pharmacology of Selected Polyphenols. *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland), 17(10), 1349. <https://doi.org/10.3390/ph17101349>
- Zheng, M., Mao, P., Tian, X., Guo, Q., & Meng, L. (2019). Effects of dietary supplementation of alfalfa meal on growth performance, carcass characteristics, meat and egg quality, and intestinal microbiota in Beijing-you chicken. *Poultry Science*, 98(5), 2250–2259. <https://doi.org/10.3382/ps/pey550>

CAPITULO VIII. ANEXO

8.1. Anexo I: Parámetros productivos

Tratamiento	PC inicio	PC final	GP 22 a 36 d	Cons 22 a 36 d	Conv 22 a 36 d
T0: 0% alfalfa	0.977	2.398	1.422	2.562	1.80
T0: 0% alfalfa	1.025	2.392	1.367	2.503	1.83
T0: 0% alfalfa	1.005	2.390	1.385	2.521	1.82
T0: 0% alfalfa	0.987	2.390	1.403	2.636	1.88
T0: 0% alfalfa	1.042	2.373	1.332	2.538	1.91
T1: 8% alfalfa	0.967	2.188	1.222	2.305	1.89
T1: 8% alfalfa	0.988	2.220	1.232	2.327	1.89
T1: 8% alfalfa	1.023	2.180	1.157	2.313	2.00
T1: 8% alfalfa	1.032	2.353	1.322	2.428	1.84
T1: 8% alfalfa	1.030	2.308	1.278	2.405	1.88
T1: 8% alfalfa + enzima	0.975	2.283	1.308	2.385	1.82
T1: 8% alfalfa + enzima	0.970	2.293	1.323	2.405	1.82
T1: 8% alfalfa + enzima	0.987	2.242	1.255	2.409	1.92
T1: 8% alfalfa + enzima	1.018	2.377	1.358	2.504	1.84
T1: 8% alfalfa + enzima	0.998	2.190	1.192	2.255	1.89

8.2. Anexo II: Parámetros cárnicos

Tratamiento	Canal, %	Grasa abdominal, %	Hígado, %	Molleja, %	Intestinos, %
T0: 0% alfalfa	79.2	9.3	1.8	1.5	7.0
T0: 0% alfalfa	81.1	9.9	1.9	1.7	6.6
T0: 0% alfalfa	76.9	8.7	2.1	1.6	6.7
T0: 0% alfalfa	79.4	9.2	2.2	1.5	6.4
T0: 0% alfalfa	77.4	10.0	1.7	1.5	6.1
T1: 8% alfalfa	78.0	14.5	1.9	1.7	6.5
T1: 8% alfalfa	71.6	14.6	2.0	1.8	8.5
T1: 8% alfalfa	78.0	12.7	1.7	1.3	7.6
T1: 8% alfalfa	76.3	12.4	2.0	1.7	6.8
T1: 8% alfalfa	73.6	12.2	2.1	1.7	7.0
T1: 8% alfalfa + enzima	76.7	13.6	2.0	1.8	7.8
T1: 8% alfalfa + enzima	79.0	12.7	1.9	1.4	7.2
T1: 8% alfalfa + enzima	73.5	14.1	2.1	1.8	7.7
T1: 8% alfalfa + enzima	72.2	12.0	1.7	1.6	5.9
T1: 8% alfalfa + enzima	77.4	13.8	2.3	1.7	7.6

8.3. Anexo III: Análisis estadístico de los parámetros productivos

ANOVA - PC final

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0.0540	2	0.02702	7.53	0.008
Residuos	0.0431	12	0.00359		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
5.50	2	12	0.020

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.939	0.366

Pruebas Post Hoc

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento		Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{tukey}
T0: 0% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa	0.1387	0.0379	12.0	3.659	0.008
	-	T1: 8% alfalfa + enzima	0.1117	0.0379	12.0	2.947	0.030
T1: 8% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa + enzima	-0.0270	0.0379	12.0	-0.712	0.761

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - GP 22 a 42 d

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0.0508	2	0.02538	8.18	0.006
Residuos	0.0372	12	0.00310		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1.07	2	12	0.372

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.965	0.772

Pruebas Post Hoc

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento		Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{tukey}
T0: 0% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa	0.1397	0.0352	12.0	3.96	0.005
	-	T1: 8% alfalfa + enzima	0.0943	0.0352	12.0	2.68	0.049
T1: 8% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa + enzima	-0.0453	0.0352	12.0	-1.29	0.429

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - Cons 22 a 36 d

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0.1093	2	0.05466	11.8	0.001
Residuos	0.0554	12	0.00462		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0.291	2	12	0.753

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.968	0.826

Pruebas Post Hoc

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento		Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p_{tukey}
T0: 0% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa	0.1964	0.0430	12.0	4.570	0.002
	-	T1: 8% alfalfa + enzima	0.1604	0.0430	12.0	3.732	0.007
T1: 8% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa + enzima	-0.0360	0.0430	12.0	-0.838	0.688

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - Conv 22 a 42 d

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0.00723	2	0.00361	1.44	0.274
Residuos	0.03000	12	0.00250		

8.4. Anexo IV: Análisis estadístico de los parámetros cárnicos

ANOVA - Canal, %

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	33.3	2	16.64	2.63	0.113
Residuos	75.8	12	6.32		

ANOVA - Grasa abdominal, %

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	49.27	2	24.633	30.7	<.001
Residuos	9.64	12	0.803		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
4.67	2	12	0.032

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.945	0.454

Pruebas Post Hoc

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento		Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{tukey}
T0: 0% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa	-3.8660	0.567	12.0	-6.8199	< .001
	-	T1: 8% alfalfa + enzima	-3.8226	0.567	12.0	-6.7433	< .001
T1: 8% alfalfa	-	T1: 8% alfalfa + enzima	0.0434	0.567	12.0	0.0766	0.997

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - Hígado, %

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0.0123	2	0.00615	0.154	0.859
Residuos	0.4778	12	0.03982		

ANCOVA - Molleja, %

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	0.0337	2	0.0169	0.648	0.540
Residuos	0.3120	12	0.0260		

ANOVA - Intestinos, %

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	1.72	2	0.859	1.88	0.195
Residuos	5.48	12	0.456		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1.44	2	12	0.274

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.980	0.973