



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la integridad intestinal de pollos Broiler en la Granja Santa Inés

**GUAYAS LUIZUPA JASBELT ESTHEFANIA
MEDICA VETERINARIA**

**GOROTIZA PALACIOS MELANIE XIMENA
MEDICA VETERINARIA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado
sobre la integridad intestinal de pollos Broiler en la Granja Santa
Inés**

**GUAYAS LUIZUPA JASBELT ESTHEFANIA
MEDICA VETERINARIA**

**GOROTIZA PALACIOS MELANIE XIMENA
MEDICA VETERINARIA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado
sobre la integridad intestinal de pollos Broiler en la Granja Santa
Inés**

**GUAYAS LUIZUPA JASBELT ESTHEFANIA
MEDICA VETERINARIA**

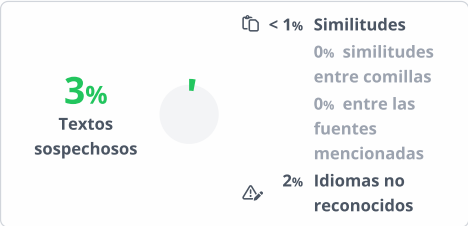
**GOROTIZA PALACIOS MELANIE XIMENA
MEDICA VETERINARIA**

SANCHEZ QUINCHE ANGEL ROBERTO

**MACHALA
2025**



Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la integridad intestinal de pollos broiler en la Granja Santa Inés- GUAYAS JASBELT-GOROTIZA MELANIE



Nombre del documento: Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la integridad intestinal de pollos broiler en la Granja Santa Inés- GUAYAS JASBELT-GOROTIZA MELANIE.pdf	Depositante: Sánchez Quinche Angel Roberto	Número de palabras: 4615
ID del documento: ad0fa6a34210254a1e1a8935eb9085c73a5944cc	Fecha de depósito: 21/7/2025	Número de caracteres: 30.542
Tamaño del documento original: 260,47 kB	Tipo de carga: interface	
	fecha de fin de análisis: 21/7/2025	

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	idoc.pub Anatomía Y Fisiología De Los Ruminantes [j3no0kq9pend] https://idoc.pub/documents/anatomia-y-fisiologia-de-los-ruminantes-j3no0kq9pend	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

Fuente con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS Carmen.pdf TESIS Carmen #c6d774 Viene de de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

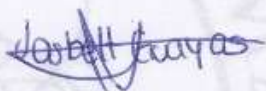
Las que suscriben, GUAYAS LUIZUPA JASBELT ESTHEFANIA y GOROTIZA PALACIOS MELANIE XIMENA, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la integridad intestinal de pollos Broiler en la Granja Santa Inés, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



GUAYAS LUIZUPA JASBELT ESTHEFANIA

0750187577



GOROTIZA PALACIOS MELANIE XIMENA

0705541399

DEDICATORIA

Con gratitud y profundo cariño, dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes con su amor incondicional, paciencia y constante apoyo fueron nuestra fuente de fortaleza a lo largo de este camino.

A nuestros docentes y mentores, por compartir su conocimiento, guiarnos con sabiduría y motivarnos a superar cada desafío.

Y entre nosotras, como compañeras de tesis, nos dedicamos también este esfuerzo mutuo: por la perseverancia compartida, el respeto, la empatía en los momentos difíciles y la alegría en los logros alcanzados. Este trabajo es reflejo del compromiso, la cooperación y el crecimiento que supimos construir juntas.

Esta tesis no solo es el final de un proceso académico, también es el testimonio de que dos cabezas, dos corazones y mucho café pueden con todo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien fue nuestra guía y fortaleza en los momentos de incertidumbre, brindándonos claridad, paciencia y perseverancia en este camino.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su comprensión infinita y su apoyo constante. Gracias por sostenernos emocionalmente, por celebrar cada uno de nuestros logros y alentarnos en los momentos de duda. Sin ustedes, nada de esto tendría sentido.

A nuestro tutor de tesis, por su compromiso, su tiempo y su orientación. Su experiencia fue un faro durante este proceso, y sus observaciones nos motivaron a dar lo mejor de nosotras en cada etapa.

A nuestros docentes, quienes sembraron en nosotras la pasión por aprender, cuestionar y crecer profesionalmente. Cada clase, consejo y exigencia dejaron huellas valiosas en nuestra formación.

A nuestras amistades, por los mensajes de aliento, los espacios de desahogo y por celebrar junto a nosotras cada pequeño avance.

Y, finalmente, a nosotras mismas: gracias por la paciencia, por el trabajo en equipo y por no rendirnos. Esta tesis es también el reflejo de que juntas pudimos construir algo más grande que lo académico: un lazo de respeto, apoyo y crecimiento compartido.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la integridad intestinal de pollos broiler. Para ello, se diseñó un experimento con cinco tratamientos, incluyendo un grupo control (sin grasa) y cuatro niveles crecientes de inclusión de grasa amarilla en reemplazo de la grasa normal (25%, 50%, 75% y 100%). Se evaluaron parámetros morfométricos de la mucosa intestinal (longitud, ancho y profundidad de vellosidades y criptas) y se realizó un análisis histopatológico hepático para determinar la presencia de tumefacción celular y esteatosis, es importante señalar que estos niveles corresponden a la cantidad de grasa amarilla que reemplaza la grasa normal en la dieta de los pollos. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con 50% de grasa amarilla presentó la mayor longitud y grosor de las vellosidades, así como un espesor adecuado de la serosa y menor profundidad de criptas, lo que indica una mejor integridad intestinal. A nivel hepático, este tratamiento también mostró una menor afectación, con esteatosis leve y ausencia de tumefacción celular. En contraste, los niveles más altos de inclusión (75% y 100%) provocaron alteraciones morfológicas intestinales y hepáticas, como incremento en la profundidad de criptas y grados moderados de esteatosis. Se concluye que la inclusión controlada de grasa amarilla al 50% en dietas balanceadas puede ser una estrategia nutricional viable y segura, capaz de mejorar la salud intestinal y mantener la función hepática en pollos broiler, siempre que se controle su calidad y grado de oxidación.

Palabras clave: grasa amarilla, pollos broiler, integridad intestinal, vellosidades, esteatosis hepática, alimentación animal.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the effect of including yellow fat in balanced feed on the intestinal integrity of broiler chickens. An experiment was designed with five treatments, including a control group (without fat) and four increasing levels of yellow fat inclusion to replace normal fat (25%, 50%, 75%, and 100%). Morphometric parameters of the intestinal mucosa (length, width, and depth of villi and crypts) were evaluated, and a hepatic histopathological analysis was conducted to determine the presence of cellular swelling and steatosis. It is important to note that these levels correspond to the amount of yellow fat replacing normal fat in the chickens' diet. The results showed that the treatment with 50% yellow fat had the greatest villus length and thickness, as well as an adequate serosal thickness and shallower crypt depth, indicating better intestinal integrity. At the hepatic level, this treatment also showed less damage, with mild steatosis and no cellular swelling. In contrast, higher inclusion levels (75% and 100%) caused intestinal and hepatic morphological changes, such as increased crypt depth and moderate degrees of steatosis. It is concluded that controlled inclusion of 50% yellow fat in balanced diets may be a viable and safe nutritional strategy capable of improving intestinal health and maintaining hepatic function in broiler chickens, provided its quality and oxidation degree are controlled.

Keywords: yellow fat, broiler chickens, intestinal integrity, villi, hepatic steatosis, animal feed.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
RESUMEN	3
ABSTRACT.....	4
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.1. Objetivo General	11
1.1.2. Objetivos Específicos	11
2.1. Avicultura en el Ecuador.....	12
2.2. Pollos Broiler.....	13
2.3. Sistema Digestivo.....	13
2.3.1. Pico	14
2.3.2. Esófago	14
2.3.3. Buche	14
2.3.4. Proventrículo (estómago glandular)	14
2.3.5. Molleja (estomago muscular)	15
2.3.6. Intestino delgado.....	15
2.3.7. Intestino grueso.....	16
2.3.8. Histología intestinal de aves	17
2.3.9. Histología de las vellosidades intestinales del pollo	18
2.3.10. Integridad intestinal	19
2.3.11. Aceites y oleínas de origen vegetal	19
2.3.11.2. Aceite de origen animal	20
2.3.12. Grasa amarilla.....	21
2.3.13. Beneficios de las grasas amarillas	22
2.3.14. Investigaciones realizadas sobre la grasa amarillas en aves y mamíferos.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Materiales	24
3.1.1. Ubicación	24
3.1.2. Población y muestra	24
3.1.3. Equipos y materiales.....	25
3.1.4. Materias primas para la elaboración del balanceado	26
3.2. Mediciones de variables	27
3.2.1. Largo vellosidad	27

3.2.2. Ancho alto vellosidad	27
3.2.3. Ancho medio vellosidad	27
3.2.4. Ancho bajo vellosidad	27
3.2.5. Profundidad de la cripta.....	27
3.2.6. Espesor de la capa muscular	27
3.2.7. Espesor de la capa serosa.....	28
3.3. Metodología	28
3.3.1. Metodología de campo	28
3.3.2. Metodología para la toma de muestras	28
3.3.3. Metodología de laboratorio	28
3.3.5. Metodología estadística	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1 Resultados	30
4.1.1 Análisis estadístico del promedio de las variables con sus intervalos de confianza	30
4.1.2 Análisis estadístico cualitativo hepático en pollos broiler tratados experimentalmente con grasa amarilla como suplemento alimenticio: presencia de tumefacción celular y esteatosis hepática.....	38
4.2 Discusión.....	41
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1 Conclusiones	44
5.2 Recomendaciones.....	45
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VI. ANEXOS	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Promedio del largo de la vellosidad con sus intervalos de confianza	30
Tabla 2: Promedio de la capa muscular con sus intervalos de confianza	31
Tabla 3: Promedio de la capa serosa con sus intervalos de confianza.....	32
Tabla 4: Promedio del ancho alto con sus intervalos de confianza	33
Tabla 5: Promedio del ancho medio con sus intervalos de confianza	34
Tabla 6: Promedio del ancho bajo con sus intervalos de confianza	35
Tabla 7: Promedio de la profundidad de criptas con sus intervalos de confianza	36
Tabla 8: Promedio de tumefacción celular con sus intervalos de confianza	38
Tabla 9: Promedio de esteatosis hepática con sus intervalos de confianza	39

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Promedio del largo de vellosidad	30
Gráfico 2: Promedio de la capa muscular	31
Gráfico 3: Promedio de la capa serosa.....	32
Gráfico 4. Promedio del ancho alto	33
Gráfico 5: Promedio del ancho medio	34
Gráfico 6: Promedio del ancho bajo	35
Gráfico 7: Promedio de la profundidad de criptas	36
Gráfico 8: Promedio de tumefacción celular	38
Gráfico 9. Proemdio de esteatosis hepática	39

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Lugar de estudio.....	24
Ilustración 2: Lesiones hepáticas en pollos broiler tratados experimentalmente: presencia de tumefacción celular y esteatosis hepática	38

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores clave que afecta la eficiencia de los nutrientes es la salud intestinal (integridad) ya que está vinculada a la adecuada absorción de nutrientes. La estructura de la mucosa intestinal es posible que pueda verse afectada por diversos factores, como la dieta, la calidad de los alimentos ingeridos y la presencia de agentes infecciosos. Varios de estos factores no solo impactan la integridad intestinal, sino que también influyen en el desarrollo adecuado del tejido intestinal, lo que, a su vez, puede alterar la capacidad del pollo para absorber nutrientes en el transcurso de los primeros días de vida (1)

La microbiota intestinal de los pollos ejerce un papel esencial en la integridad digestiva, ya que regula el entorno intestinal de forma que se limita el de los potencialmente patógenos. Este equilibrio dinámico puede ser modificado mediante la administración de probióticos en la dieta, lo cuales van a favorecer en la proliferación de bacterias beneficiosas y restringe el desarrollo de microorganismos patógenos, lo que justifica la importancia de estudiar cómo estos aditivos influyen sobre la composición y funcionalidad del ecosistema intestinal de las aves. (2)

El intestino de los pollos, encargado de una adecuada asimilación del alimento para obtener los resultados deseados, mantiene su tamaño y su fisiología prácticamente sin cambios a lo largo del tiempo. Este órgano, en un período aproximado de 5 a 5 ½ horas, debe llevar a cabo una correcta metabolización del pienso y, al mismo tiempo, desempeñar un papel crucial en el sistema inmune del animal. Cualquier tipo de agresión es respondida por el aparato digestivo, lo que desvía energía que, de otro modo, se destinaría a la reposición de carne, hacia la función defensiva (3)

El uso de grasa de palma es común en la alimentación de pollos de engorde por su alta energía y disponibilidad, pero su aumento de precio ha llevado a buscar alternativas más económicas, una de las opciones consideradas es la grasa amarilla, que presenta un costo más accesible, pero cuyos efectos sobre la salud intestinal y el rendimiento de las aves no están completamente determinados. La salud intestinal es clave para una buena absorción de nutrientes y protección contra enfermedades. Si la dieta afecta esta integridad, puede reducir el rendimiento, aumentar enfermedades y causar pérdidas económicas. Por eso, es necesario evaluar si la grasa amarilla es una opción viable no solo por su costo, sino también por sus efectos en la salud y productividad de los pollos.

La grasa amarilla es una fuente concentrada de energía y ácidos grasos esenciales que pueden mejorar la digestibilidad de la dieta y, a su vez, optimizar la absorción de nutrientes. Además, algunos estudios sugieren que su inclusión adecuada podría tener efectos beneficiosos en la integridad de la mucosa intestinal, favoreciendo un ambiente gastrointestinal saludable que contribuya a una mejor conversión alimenticia y rendimiento en general. Una evaluación detallada de la inclusión de grasa amarilla en la dieta permitirá determinar si su uso adecuado puede equilibrar la composición nutricional, mejorar la salud intestinal y reducir la mortalidad en los pollos de engorde. Por lo tanto, es fundamental investigar si la inclusión de grasa amarilla en la dieta de los pollos no solo es una alternativa económica viable, sino que también promueve la salud intestinal y mejora la productividad de las aves. Este estudio permitirá proporcionar información valiosa para la industria avícola, ayudando a tomar decisiones fundamentadas en torno a la sostenibilidad económica sin comprometer el bien.

OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Analizar el efecto de la inclusión de grasa amarilla en el alimento balanceado sobre la integridad intestinal de pollos broiler.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de grasa amarilla sobre la longitud de la vellosidad intestinal por medio de los distintos tratamientos.
- Evaluar el efecto de grasa amarilla sobre el ancho de la vellosidad intestinal mediante los distintos tratamientos.
- Determinar el efecto de grasa amarilla sobre la profundidad de la cripta de la vellosidad intestinal mediante los distintos tratamientos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Avicultura en el Ecuador

En las últimas tres décadas, la avicultura en el Ecuador ha experimentado notablemente un gran desarrollo, impulsado por la alta demanda de sus productos entre todos los elementos socioeconómicos de la población. Esta industria dentro del sector agropecuario, lleva a cabo dos tipos de sistemas productivos: el sistema industrializado se caracteriza principalmente por integrar el uso de alimentos balanceados, instalaciones modernas, espacios mínimos requeridos para el desarrollo de estas aves, y un enfoque en la óptima eficiencia productiva; referente al sistema de traspatio presente en las zonas rurales y periurbanas de todo el Ecuador, se distingue por un manejo técnico limitado, instalaciones simples o rudimentarias, una alimentación basada en el pastoreo y una atención sanitaria limitada (4)

La producción avícola desempeña un papel fundamental dentro del Ecuador, ya que no solo se centra en generar productos, sino que también abarca el análisis de métodos zootécnicos, aspectos médico-sanitarios y la gestión económico-administrativa. Dentro del sector agroindustrial la producción avícola se destaca como una de las actividades más relevantes, incluyendo desde la fabricación de materias primas como soya y maíz, junto con la elaboración de alimentos balanceados y la obtención de productos concluidos como carne y huevos, que son esenciales para la nutrición humana (5)

Es crucial señalar que el método empleado por el INEC facilitó verificar que el número de pollos criados en planteles avícolas arriba los 23,53 millones, sin embargo, el total de pollos criados en campo suman 3,50 millones. Esto demuestra una diferencia relevante en las técnicas de producción avícola implementadas en la región, donde la gran parte de los pollos se crían en instalaciones especializadas para asegurar su desarrollo adecuado. Esta tendencia se ve confirmada en el año 2020, cuando la producción total de crianza de pollos de engorde en planteles avícolas alcanzó los 251,00 millones en todo el país. El litoral ecuatoriano predominó como la zona líder productora de pollos, representando el 53,72% a nivel nacional. En especial, el cantón Guayas que lideró con 72,47 millones de pollos llevando crianza en instalaciones especializadas, destacándose como productor primordial (6)

Posteriormente, se planteó que tanto la producción como la productividad sean capaces de incrementarse por medio dos estrategias claves: la primera implica optimizar la tecnología que se usa en el instante, sacando el máximo provecho de los recursos o insumos que ya se poseen,

mientras que la segunda estrategia busca incrementar la eficacia de la granja sin alterar la cantidad de recursos que se utilizan, ni la tecnología empleada (7)

2.2. Pollos Broiler

Los pollos de engorde brindan una carne rica en proteínas a un menor costo y precio comparada con la carne de otros animales. También no necesita de mucho espacio al momento de la crianza por lo general se puede colocar de 8 a 10 pollos por metro cuadrado. Es de corto plazo la obtención de ganancia, en cuanto a la cría y comercialización se podría obtener en un período de seis a ocho semanas. Tiene la característica de ser rendidores en el aprovechamiento del balanceado, se adecuan a diferentes sistemas de crianza ya sea en infraestructuras preparadas como en áreas rusticas, necesita un nivel reducido de trabajo humano, especialmente si se implementa procesos de mecanización y automatización en su desarrollo. Posee un mercado de forma regular y en una posición estable (8)

2.3. Sistema Digestivo

El aparato digestivo de las aves cumple funciones más allá de la digestión y absorción de nutrientes; actúa como una interfaz clave entre el ambiente externo y el sistema inmunológico del animal. Su morfología especializada y su microbiota residente contribuyen al mantenimiento de la homeostasis intestinal, incidiendo directamente en la eficiencia productiva y el estado sanitario de las aves (9)

Referente al tracto gastrointestinal presente en los pollos de granja, dentro de este se halla una microbiota beneficioso, que cumple un rol fundamental en el mantenimiento de la salud intestinal mediante diversas funciones. Estas bacterias pueden afectar en las funciones vitales del organismo hospedador, lo cual es un factor crucial para el mantener la homeostasis intestinal. Aparte de aquello ayudan a evitar la colonización por patógenos, reducen la manifestación de microorganismos competitivos y dañinos y mejor el uso de energía asignado al fortalecimiento del sistema inmunitario, generalmente cuando se garantiza una excelente salud intestinal, se lleva a cabo un ahorro de energía que aporta perfeccionar las condiciones indispensables para estimular el crecimiento y productividad de los pollos (10)

2.3.1. Pico

La cavidad oral y faringe están integradas en una única estructura denominada orofaringe, a diferencia de los mamíferos, que posee cavidades separadas que se unen en una región con el mismo nombre. Las aves capturan el alimento con el pico y lo mezclan con una cantidad limitada, cuya función principal es actuar como lubricante para humedecer y facilitar el tránsito del alimento hacia el esófago (11)

2.3.2. Esófago

En las aves, el esófago es un conducto muscular que está encargado de unir la cavidad orofaríngea con el estómago glandular. Este órgano se divide en dos secciones principales: la cervical y torácica. Por su parte, el buche es una estructura en forma de saco que se encuentra como una prolongación del estómago, localizada justo antes de su entrada a la cavidad (12)

2.3.3. Buche

El buche desempeña un papel crucial como un reservorio temporal para el alimento que ingresa al organismo. En esta cavidad especializada, se realiza un proceso de mezcla del alimento con agua, lo cual no solo facilita la accesibilidad de los nutrientes vitales, sino que también optimiza el inicio del proceso digestivo. Esta mezcla inicial es esencial, ya que permite que los nutrientes sean absorbidos de manera más eficiente por el cuerpo, garantizando que los componentes esenciales de la alimentación estén disponibles para su posterior asimilación. Además, el buche actúa como un punto de preparación que asegura que el alimento se transformará adecuadamente antes de pasar a las etapas siguientes de la digestión, contribuyendo así a un proceso digestivo más efectivo y completo (13)

2.3.4. Proventrículo (estómago glandular)

El proventrículo también conocido como estómago glandular posee una estructura en forma de ovoide, localizado al lado izquierdo del plano izquierdo, en ubicación anterior al estómago muscular. Está formado en gran parte por un conducto que se encarga de transitar los alimentos que llegan desde el buche hacia la molleja. El extremo de este órgano se encuentra revestido por el peritoneo, continuando con la capa muscular constituida por una delgada capa superficial de fibras longitudinales y de otra interna de fibras circulantes. Referente a la mucosa o moco que reviste el estómago glandular contiene glándulas muy evolucionadas, macroscópicamente notables que tienen la capacidad de generar ácido clorhídrico al igual que pepsina. La liberación de estas sustancias está determinada en mayor parte por el sistema nervioso parasimpático (14)

El proventrículo es el encargado de llevar a cabo la digestión péptica. En términos histológicos, está revestido por células cilíndricas que generan moco y disponen de diversas glándulas ramificadas, dichas glándulas están estructuradas por células oxíntico-pépticas que producen ácido clorhídrico y pepsinógeno (15)

2.3.5. Molleja (estomago muscular)

La molleja se caracteriza por ser una estructura representativa del tracto gastrointestinal del pollo, se localiza en el extremo posterior del proventrículo. Se conoce que dentro de este órgano se produce la trituración de los alimentos o también conocida como digestión mecánica, sin embargo, en esta zona se ha logrado examinar la acción digestiva del pepsinógeno y del ácido clorhídrico, que son las encargadas de comenzar la digestión química. Esto ocurre porque el alimento digerido que en parte alguna transcurre velozmente por el proventrículo. El ácido clorhídrico ayuda a disminuir el pH presente en la molleja, lo que beneficia la salud intestinal al intervenir como desinfectante. El correcto desarrollo de la molleja promueve la mejora de la secreción de enzimas pancreáticas en el intestino delgado, optimiza la motilidad del tracto gastrointestinal e incrementa la digestibilidad de los nutrientes, perfeccionando de este modo la salud y la función intestinal (16)

2.3.6. Intestino delgado

El intestino delgado cumple un papel esencial en la digestión y absorción de los nutrientes indispensables para el organismo. Este órgano muestra proyecciones microscópicas en forma de dedos, nombradas vellosidades epiteliales, que hacen posible dicho proceso. En el transcurso de la ingesta de alimentos, los mismo se desintegran en nutrientes a través de la acción de las enzimas liberadas por el páncreas, del mismo modo de la bilis generada por el hígado que actúan en el lumen intestinal (17)

Posteriormente que los nutrientes son digeridos, cruzan la pared del intestino delgado y se introducen en el torrente sanguíneo. También, el intestino delgado juega un rol crucial en la conservación de la salud intestinal, aportando significativamente a sus mecanismos de defensas inmunitarias, tanto innatos como humorales (16)

2.3.6.1. Duodeno

Ubicado inmediatamente después de la molleja, el duodeno constituye el primer segmento del intestino delgado y se encuentra estrechamente vinculado al páncreas, cuyas secreciones

exocrinas juegan un papel esencial en la digestión química. El pH relativamente ácido de esta región facilita la actividad de las enzimas pancreáticas y biliares, que actúan sobre los nutrientes parcialmente digeridos. (18)

2.3.6.2. Yeyuno

Debido a las características particulares del yeyuno, como su capacidad para absorber nutrientes de manera eficiente por su amplia superficie y transporte activo de estos a través del sistema vascular de las vellosidades. Por esta razón, el yeyuno es fundamental para optimizar el crecimiento y rendimiento de los pollos (19)

2.3.6.3. Íleon

El íleon forma la sección final del intestino delgado y participa en el proceso de la digestión y la absorción de los nutrientes, sin embargo, su primordial función es la de absorber agua y vitaminas (20)

2.3.7. Intestino grueso

El intestino grueso, de igual modo que el intestino delgado, se clasifica en tres secciones. En las aves de corral, este involucra dos ciegos, unas estructuras tubulares conectadas al intestino grueso, aunque igualmente son parte de él. Tiene una función crucial que es digerir la celulosa, referente al pH, el ciego derecho registra entre 7,08 y el izquierdo presenta un pH de 7,12 (21)

El contenido digestivo dispone una tasa de tránsito más tardada en el ciego a diferencia de otras partes del tracto gastrointestinal, lo que ayuda a obtener una mayor fermentación a través de microbiota. Esto genera una producción mayor de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y a una superior absorción de agua. El vaciado del ciego sucede en periodos de 24 a 48 horas (22)

Dicho contenido cruza desde la unión ileocecal en dirección al colon, desde donde logra ser reconducida al ciego por medio de movimiento retrógrado por anti-peristaltismo, o avanzar hacia la cloaca través de contracciones peristálticas, a causa del tamaño disminuido del colon, en esta parte se realiza poca o ninguna digestión o absorción, que llega hasta la cloaca, parte donde antes se combina con ácido úrico. (22) Referente a la cloaca es una cavidad por la cual se expulsan las heces y el tracto reproductor y urinario se desembocan, ya que los pollos no poseen ano (21)

2.3.8. Histología intestinal de aves

2.3.8.1. Mucosa

La mucosa intestinal actúa como una barrera eficaz resistente diseñada para capturar compuestos parcialmente dañinos, como por ejemplo patógenos, a la vez facilita el acceso de nutrientes hacia las capas epiteliales. Estas características resultan relevantes en el intestino delgado, donde la capa mucosa es más fina en comparación con otras partes del tracto intestinal y la eficiencia en la absorción de nutrientes deber ser óptima. Se comprende que la delgadez de esta capa en el intestino delgado favorece potencialmente la absorción de nutrientes, mientras que, en el colon, una capa de moco más espesa resulta ser esencial para lograr proteger contra la abundante población de bacterias (23)

2.3.8.2. Submucosa

La submucosa presente en los intestinos del pollo, está compuesta por tejido conjuntivo denso, en el que son capaces de surgir adipocitos. Dentro de duodeno, la submucosa alberga las llamadas glándulas submucosas o también conocida como glándulas de Brunner, dedicadas a producir una sustancia extremadamente alcalina, teniendo la función aparentemente de contrarrestar el pH considerablemente ácido del contenido gástrico generado por el estómago (24)

Dentro del proventrículo, en la submucosa se localizan las glándulas complejas con estructura de túbulo alveolar, que abarcan células parietales. Las mencionadas células arriban a las criptas, a partir de donde desprenden la secreción en el interior del proventrículo, por medio de canales excretores estructurados por el epitelio cilíndrico sencillo (25)

Entorno a estas glándulas encontradas en la submucosa, se muestra una mínima porción de tejido conjuntivo, en el cual se aprecian fibras nerviosas y ganglios que pertenecen a plexos, predominante entre las glándulas y la capa muscular que las circunda (25)

2.3.8.3 Muscular

Esta estructura anatómica comprende dos capas separadas de tejido muscular liso, una caracterizada por una organización circular interna y la otra por una disposición longitudinal externa, que es relativamente más robusta; dentro de esta composición, se puede observar el

plexo nervioso mientérico, una multitud de vasos sanguíneos y un sistema interconectado de fibras elásticas (26)

2.3.8.4. Serosa

La serosa está formada por una delgada capa de tejido conjuntivo que proporciona soporte estructural y una cobertura externa, además de estar compuesta por el mesotelio. Este mesotelio es un tipo de epitelio que se caracteriza por ser plano y de una sola capa, el cual recubre de manera fina y eficiente la pared del proventrículo, asegurando una adecuada protección y funcionalidad del órgano (25)

2.3.9. Histología de las vellosidades intestinales del pollo

2.3.9.1. Vellosidades

Las vellosidades intestinales son formaciones presentes en la pared del intestino delgado, responsables de la absorción de los nutrientes. Estas estructuras se proyectan de manera transversal a partir de las capas celulares y pueden alcanzar un tamaño de hasta 1 milímetro. Además, están acompañadas por las microvellosidades intestinales, que son filamentos microscópicos que trabajan en conjunto para optimizar al máximo el proceso de absorción (27)

Estas vellosidades son más largas en el duodeno y van disminuyendo en tamaño conforme se avanza hacia el íleon. Su revestimiento está compuesto por un epitelio celular formado por enterocitos, cuya función varía según su ubicación en la vellosidad. Los enterocitos situados en la parte superior absorben nutrientes y líquidos, mientras que los ubicados en las áreas laterales y en las criptas de Lieberkühn se encargan de la secreción de líquidos y electrolitos. El correcto cuidado de la estructura y función es lo primordial para obtener una gran producción de las parvadas (28)

2.3.9.2. Cripta

En la parte inferior del intestino se localizan las criptas de Lieberkühn, unas estructuras en forma de pequeñas depresiones que actúan como glándulas. Estas criptas tienen la función clave de secretar diversas enzimas esenciales para el proceso digestivo. La digestión ocurre principalmente dentro del intestino, donde dichas enzimas cumplen un papel fundamental en la descomposición de los alimentos. Sin la actividad de estas glándulas y las sustancias que

producen, el intestino no podría digerir de manera eficiente los nutrientes necesarios para el organismo (29)

Se considera que las criptas intestinales son la base para la diferenciación de las células epiteliales de las vellosidades intestinales; además, la profundidad de las criptas está directamente relacionada con la rotación de las células epiteliales. Las criptas más profundas reflejan una mayor rotación celular y requieren más energía para mantener la función intestinal normal en los pollos de engorde (30)

2.3.10. Integridad intestinal

El mantenimiento de la integridad intestinal es fundamental para garantizar la salud, el bienestar y el rendimiento productivo de los animales. En la avicultura, considerada un sistema sostenible para la producción de proteínas de origen animal, los altos niveles de eficiencia requieren una vigilancia constante de la salud intestinal, ya que esta se convierte en una herramienta esencial para tomar las decisiones oportunas en el ámbito productivo (31)

El intestino del pollo alberga un microbiota diverso que desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la homeostasis intestinal y en la protección contra patógenos. Además, este microbiota es esencial para regular tanto la morfología como la fisiología del intestino, (32)

2.3.11. Aceites y oleínas de origen vegetal

Durante los años 2019 y 2020, la producción global de aceites vegetales superó los 200 millones de toneladas, entre las cuales el 74% se emplea especialmente para el consumo humano, el 5% destinado a los animales y el 20% sobrante sirve para propósitos energéticos y químicos. Referente al reino vegetal, registra una gran variedad de más de 350.000 especies de angiospermas, lo que representa una alta proyección de productos naturales sin optimizar, solamente se siembra una porción mínima de especies, como la palma, la soja, el girasol y el coco, de las cuales se obtienen aceites mayoritariamente de sus frutas o semillas. De los numerosos ácidos grasos disponibles en los aceites vegetales, únicamente unas pocas se aprovechan (33)

2.3.11.1 Aceite de palma

Se consigue a través de la extracción del aceite procedente de la pulpa del fruto de la palma (*Elaeis guineensis*), muestra un elevado nivel de ácido oleico y palmítico, que comúnmente es

usado para múltiples productos del sector alimentario, como aceites de cocina, grasas, etc. (34)

A partir del procesamiento inicial del fruto de palma, se pueden obtener dos variedades de aceite. Por un lado, el aceite de palma crudo. Que se extrae del mesocarpio del fruto de la palma aceitera, y por otro, el aceite de palmiste que proviene de la extracción de la semilla del fruto (35)

2.3.11.2. Aceite de origen animal

La elaboración de grasas de origen animal permite la reutilización de residuos orgánicos, convirtiéndolos en suministros esenciales o materias primas para procedimientos como alimentos balanceados. El empleo de residuos producidos en los camales es primordial para el ecológico, ya que facilita la recuperación insumos reutilizables que, de no ser tratados, llegarían a transformarse en una fuente importante de residuos orgánicos contaminantes (36)

El sebo crudo obtenido de las reses que se encuentran en el camal se transporta a un sartén con capacidad para tres toneladas, en el cual se somete a un procedimiento de fusión por medio un quemador a diésel de $\frac{1}{4}$ de HP. Cuando se haya fundido el sebo, este se cierne por medio una malla para separarlo en este caso de los chicharrones, para luego ser envasado y distribuido a las industrias para su debida transformación en alimentos balanceados (36)

2.3.11.3. Ácidos grasos

Los ácidos grasos están constituidos por un conjunto carboxilo y una cadena hidrocarbonada, lo cual, en los ácidos grasos, la longitud va a cambiar. A parte de aquello, pueden contener enlaces dobles, entre ellos están los átomos de carbono, cuya proporción y localización difieren entre ellos. Sin embargo, los ácidos grasos que se consigue mediante la alimentación, hay otros que son sintetizados dentro del organismo desde los ácidos grasos previos, a través la acción de la enzima responsable de la elongación y desaturación (37)

2.3.11.4. Ácidos Grasos Saturados

Las grasas saturadas, también llamadas grasas solidas debido a que permanecen en estado sólido a temperatura ambiente, se encuentra principalmente en productos derivados de animales rumiantes (38)

2.3.11.5. Ácidos Grasos Insaturados

Las grasas insaturadas se caracterizan por ser líquidas a temperatura ambiente, pueden clasificarse como monoinsaturado o poliinsaturado según la cantidad de dobles enlaces en su estructura. Estas grasas la podemos encontrar en la grasa de cerdo, aves y, sobre todo en productos provenientes del medio marino y acuícola, aunque también están presentes en menor porción en productos de animales rumiantes. Dentro de este grupo, se incluye las grasas “trans”, que son alteradas mediante un proceso conocido como hidrogenación, que puede ser natural como biohidrogenación ruminal o artificial como es el caso de margarina a partir de aceites vegetales, les otorga mayor durabilidad y las convierte en grasas más sólidas a temperatura (38)

2.3.12. Grasa amarilla

La grasa amarilla se obtiene mediante la combinación de aceites de origen vegetal que por lo general son usados en restaurantes de servicio rápido para cocinar alimentos a temperaturas altas por un largo tiempo. Como resultado de estas condiciones, estos aceites en cuestión tienden a oxidarse lo que ocasiona rancidez, un incremento en la concentración de ácidos grasos que no se encuentran unidos a otras moléculas y una acidez que puede sobrepasar el 6% o 7%. A continuación, aquellos aceites que son recolectados de los restaurantes son expuestos a un procedimiento de filtración para erradicar la existencia de sólidos y pueden ser suplementados con antioxidantes y conservantes (39)

En la República del Ecuador, se calcula que aproximadamente el 54% de la ciudadanía elimina el aceite en los desperdicios, una porción del 24% lo desecha en los drenajes, el 21% lo emplea como sustento para animales y por último el 1% se lo transfiere en un contenedor en particular (40)

2.3.12.1. Oxidación

La oxidación de los aceites sucede mayormente en los ácidos grasos insaturados, este procedimiento generalmente se da mediante el contacto que existe entre el oxígeno y la superficie del aceite, actuando con los dobles enlaces, generando de tal forma un cierto olor desagradable, siendo la primera parte de la reacción química de degradación. La oxidación que se somete a bajas y elevadas temperaturas, el procedimiento prevalente en la formación de compuestos oxidativos abarca la producción de los hidroperóxidos (41)

El problema se muestra en el momento en que las grasas de freiduría son recicladas luego de haber sido recalentadas exageradamente, ya que de esta manera ocasionara la autooxidación de los ácidos grasos, como resultado, aumenta la concentración de polímero, hidroperóxidos u otros, que en ocasiones puede llegar a traspasar el 20% considerándose un peligro tóxico para los animales, afectando también la palatabilidad de la grasa (42)

2.3.13. Beneficios de las grasas amarillas

La grasa amarilla presenta un nivel de insaturación que le permite ser fácilmente digerible, pero también cuenta con la cantidad suficiente de saturación para cumplir con los estándares de calidad requeridos en la carne, estas propiedades la convierten en una opción lógica y altamente digerible para su incorporación en los balanceados para pollos (43)

El aprovechamiento de residuos es una parte esencial para disminuir tanto el impacto ambiental como los costos asociados a la producción química, El aceite residual de cocina, es un recurso renovable, ciertamente económico y de amplia disponibilidad, muestra una potencia destacada para usos sostenibles, su manejo inadecuado contribuye significativamente a la contaminación ambiental (44)

2.3.14. Investigaciones realizadas sobre la grasa amarillas en aves y mamíferos

Según Orduña y colaboradores (2016), el uso de grasa de fritura en la dieta de pollos broiler generó una producción muy similar a la adquirida con aceite vegetal, observándose una mayor proporción de ácidos grasos insaturados y bajos niveles de ácidos grasos libres. Por esta razón, se recomienda la utilización de grasas con alto porcentaje de ácidos grasos insaturados en las dietas balanceadas para los pollos de engorde. (39)

Liu, P y sus colaboradores (2014), reportaron los lípidos utilizados en la dieta de cerdos mostraron una disminución en la relación lactulosa/manitol, lo cual sugiere una mejora en la función de la barrera intestinal. Sin embargo, se observó que el consumo de lípidos oxidados en un 10% afectó negativamente el estado oxidativo de los animales, aunque no se evidenció un impacto considerable sobre la función intestinal. La grasa amarilla presentó efectos menos perjudiciales que los aceites vegetales (45)

Diversos estudios han demostrado que la inclusión de grasas en la alimentación animal representa una fuente importante de energía y de ácidos grasos esenciales. En el caso de las aves, se ha señalado que su crecimiento y metabolismo dependen en gran medida de la

incorporación de lípidos en la dieta balanceada. La presencia de grasa cruda en la alimentación presente es considerada un componente relevante que no debe pasarse por alto. (46)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Ubicación

El desarrollo de la presente investigación se la realizó en la Granja Santa Inés, la cual es parte de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la vía Machala – Pasaje en el kilómetro 5 $\frac{1}{2}$, presentando las siguientes coordenadas geográficas: Longitud 79° 54' 05", latitud 3° 17' 16", altitud de 5 msnm y temperatura 22-35 °C.



Ilustración 1: Facultad de Ciencias Agropecuarias – Granja Santa Inés

3.1.2. Población y muestra

El trabajo de campo realizado es de tipo experimental, con una población de 200 pollos mixtos de engorde; en el cual se utilizaron 5 tratamientos con 4 unidades experimentales; cada uno con 10 pollos para dar un total de 40 pollos por tratamiento, empleando el diseño completamente al azar (DCA). En la formulación del alimento balanceado se incluyó una fracción lipídica equivalente al 25 % como fuente de grasa, la cual fue reemplazada en distintos porcentajes por grasa amarilla según el tratamiento correspondiente.

T1 o control: no incluyó grasa amarilla en la fracción lipídica del balanceado

T2: el 25 % de la grasa de la dieta fue aportada por grasa amarilla

T3: el 50 % de la grasa de la dieta fue aportada por grasa amarilla

T4: el 75 % de la grasa de la dieta fue aportada por grasa amarilla

T5: el 100 % de la fracción grasa de la dieta fue reemplazada por grasa amarilla

3.1.3. Equipos y materiales

- Termohigrómetro digital de la marca LWH modelo HTC-2.
- Balanza gramera Digital Camry
- Microscopio óptico compuesto, modelo Primostar 3 de la marca ZEISS
- Aplicación móvil Labscope acoplada al microscopio Zeiss primo star
- 200 pollos broiler
- Comederos (20)
- Bebederos (20)
- Viruta de madera
- Cortinas Plásticas
- Contenedor plástico grande
- Trinche jardinero
- Mallas metálicas
- Cinta
- Fósforos y velas
- Cal
- Goma Blanca
- Focos ahorradores
- Boquillas
- Alambre
- Marcadores permanentes
- Periódico
- Bomba de mochila para fumigar
- Cilindro de gas
- Calentadoras a gas (criadoras)
- Mangueras
- Vacunas (Gumboro-Vac cepa Lukert intermedia, James Brown y New-Vac, cepa La Sota tipo B1, James Brown)

- Vitaminas + minerales (Electravite-James Brown)
- Agua
- Hojas de registros
- 6 tolvas para faenamiento
- Ollas
- Cuchillos
- Fundas plásticas
- Piola
- Bisturís
- Vasos para recolección de muestra estéril (40)
- Jeringas 5ml
- Formol
- Muestra de intestino delgado
- Casete
- Guantes

3.1.4. Materias primas para la elaboración del balanceado

- Maíz nacional
- Harina de soja 44
- Salvado de arroz 14% EE
- Aceite de palma (refinado)
- Aceite de palma (crudo)
- Grasa amarilla “Yellow grease”
- L-Lisina monoclorhidrato
- DL-Metionina
- L-Treonina
- Premezcla vitamínica DCM
- Rovabio (B-glucanasas, Xilanasa, Pectinasas, Celulasas, Proteasas, B-manosidasas)
- Sal
- Carbonato de calcio
- Fosfato bicálcico
- Zeolita
- GP-ORO-40 (Pigment)

- Anticoccidiales

3.1.5. Variables que evaluar

- Largo vellosidad
- Ancho alto vellosidad
- Ancho medio vellosidad
- Ancho bajo vellosidad
- Profundidad de la cripta
- Espesor de la capa muscular
- Espesor de la capa serosa

3.2. Mediciones de variables

Todas las variables de este estudio serán de tipo cuantitativa y sus mediciones serán expresadas en micras.

3.2.1. Largo vellosidad

Se obtiene mediante la medición desde el inicio de la cripta hasta la parte de la vellosidad.

3.2.2. Ancho alto vellosidad

Esta medida se toma en el primer tercio libre de la vellosidad.

3.2.3. Ancho medio vellosidad

La medición se realiza del segundo tercio o parte media de la vellosidad.

3.2.4. Ancho bajo vellosidad

La medición se obtiene desde del tercer tercio (base) de la vellosidad.

3.2.5. Profundidad de la cripta

Este dato se obtiene con la medición de la profundidad de la cripta (Inicio de la base de la vellosidad hasta el inicio de la capa muscular).

3.2.6. Espesor de la capa muscular

El dato se obtiene desde la terminación de la cripta de la vellosidad hasta el inicio de la siguiente capa.

3.2.7. Espesor de la capa serosa

Esta variable se obtiene de la medición desde la terminación de la capa muscular.

3.3. Metodología

3.3.1. Metodología de campo

El experimento de investigación dentro del campo se realizó por el método de Diseño Completamente al Azar a una población de 200 pollos broiler, se emplearon un total de 5 tratamientos cada uno de ellos con 4 réplicas, colocando en cada unidad experimental 10 aves. La investigación experimental se la realizó cumpliendo con lo emitido en Guías de Buenas Prácticas Avícolas (BPA).

3.3.2. Metodología para la toma de muestras

Para poder realizar una correcta toma de muestras al día 35 se escogieron al azar 2 aves por cada replica (8 por tratamiento), obteniéndose un total de 40 muestras. Se obtuvieron muestras del intestino de las aves, identificando el divertículo de Meckel y se procedió a realizar un corte limpio con un bisturí de 3 a 5 cm posterior a este, sin realizar mucha presión para no causar daño en las vellosidades. A continuación, las muestras se dejaron con su contenido intacto y se procedió a inyectar formol directamente en el lumen intestinal para asegurar una adecuada fijación interna. Posteriormente, se colocaron las muestras en frascos de formol debidamente rotulados.

Luego, se efectuaron cuatro cortes de 3 a 2mm aproximadamente de espesor de la sección del intestino fijada en formol, los cuales luego fueron depositados en casetes de plástico rotulados y almacenados en un frasco con formol.

3.3.3. Metodología de laboratorio

Para el análisis histológico de las muestras, se empleó la técnica de inclusión en parafina y tinción con Hematoxilina-Eosina. Este procedimiento permitió conservar, cortar y visualizar los tejidos mediante una serie de procesos que incluyeron la deshidratación, aclaramiento, infiltración, microtomía, montaje y tinción. La tinción con Hematoxilina-Eosina facilitó la diferenciación de las estructuras celulares, proporcionando un contraste adecuado para su evaluación microscópica.

3.3.4. Observación de placas

Para la observación de las placas, se utilizó un microscopio óptico compuesto, modelo Primostar 3 de la marca ZEISS, con una lente de 10x. una vez obtenida la imagen completa de cada placa, se procedió a medir las vellosidades, la cripta, así como las capas serosa y muscular. El análisis de cada placa se realizó mediante el programa “Labscope”, donde se registrará las dimensiones de las vellosidades (largo, ancho, medio y bajo), además de la profundidad de las criptas, capa serosa y muscular del intestino delgado de los pollos.

3.3.5. Metodología estadística

En la siguiente investigación se aplicó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El análisis de varianza se lo realizó aplicando el procedimiento ANOVA del programa “Statgraphics Centurión XVI. ®”, de igual forma para poder determinar las diferencias existentes entre las medias, se efectuó una comparación múltiple mediante la prueba LSD de Fisher, con un intervalo del 95% de confiabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados

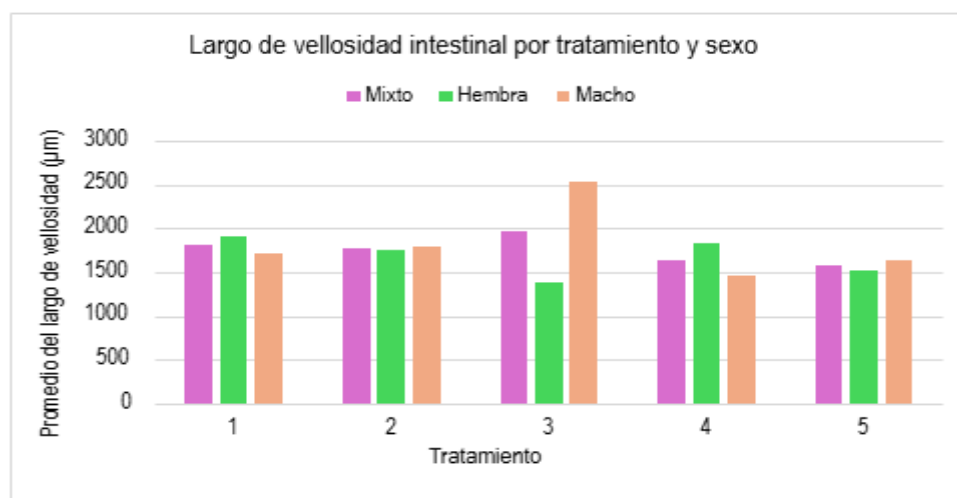
4.1.1 Análisis estadístico del promedio de las variables con sus intervalos de confianza

Tabla 1: Promedio del largo de la vellosidad con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	1808,18 ^a ± 292,33	1901,56 ^a ± 366,10	1714,80 ^{ab} ± 437,31
2	1771,09 ^a ± 292,33	1746,40 ^a ± 366,10	1795,79 ^{ab} ± 436,31
3	1965,68 ^a ± 292,33	1389,90 ^a ± 366,10	2541,47 ^b ± 436,31
4	1643,03 ^a ± 292,33	1833,61 ^a ± 366,10	1452,45 ^a ± 436,31
5	1582,11 ^a ± 292,33	1525,30 ^a ± 366,10	1638,92 ^a ± 436,31

Tratamiento 1 (testigo) sin grasa amarilla, Tratamiento 2 (25%), Tratamiento 3 (50 %), Tratamiento 4 (75%) y Tratamiento 5 (100 %) de inclusión de grasa amarilla en balanceado a representación de las diferencias estadísticas encontradas al comparar con el T1.

Gráfico 1: Promedio del largo de vellosidad



Los datos de la **Tabla 1** y el **Gráfico 1** muestran que el tratamiento T3 alcanzó la mayor longitud de vellosidades intestinales en las categorías mixto (1965,68 μm) y especialmente macho (2541,47 μm), lo que indica un posible efecto beneficioso en el T3 al 50% de inclusión de grasa amarilla sobre la estructura intestinal. No obstante, en la categoría hembra (T3), presentó el valor más bajo (1389,90 μm), aunque sin diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos.

En contraste, los tratamientos T4 al 75% y T5 al 100% de grasa amarilla, presentaron las menores longitudes de vellosidades intestinales en las categorías mixto (1643,03 μm y 1582,11 μm, respectivamente) y macho (1452,45 μm y 1638,92 μm), aunque los valores fueron

numéricamente más bajos, no se observaron diferencias estadísticamente significativas respecto al tratamiento control T1 (1714,80 μm). En la categoría hembra, tampoco se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos.

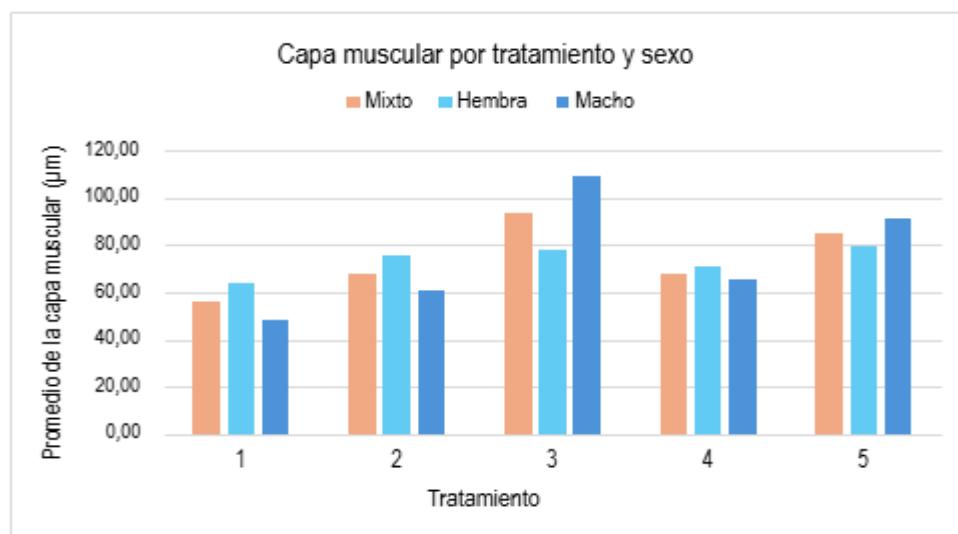
El tratamiento T2, con un 25% de inclusión de grasa amarilla, presentó valores intermedios en todas las categorías: mixto (1771,09 μm), hembra (1746,40 μm) y macho (1795,79 μm). En todos los casos, este nivel de inclusión no afectó negativamente la estructura intestinal.

Tabla 2: Promedio de la capa muscular con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	55,83 ^a $\pm$ 13,75	63,51 ^a $\pm$ 23,78	48,15 ^a $\pm$ 16,95
2	68,01 ^{ab} $\pm$ 13,75	75,31 ^a $\pm$ 23,78	60,72 ^{ab} $\pm$ 16,95
3	93,37 ^b $\pm$ 13,75	77,83 ^a $\pm$ 23,78	108,9 ^c $\pm$ 16,95
4	68,02 ^{ab} $\pm$ 13,75	70,86 ^a $\pm$ 23,78	65,19 ^{ab} $\pm$ 16,95
5	85,30 ^b $\pm$ 13,75	79,66 ^a $\pm$ 23,78	90,93 ^{bc} $\pm$ 16,95

Tratamiento 1 (testigo) sin grasa amarilla, Tratamiento 2 (25%), Tratamiento 3 (50 %), Tratamiento 4 (75%) y Tratamiento 5 (100 %) de inclusión de grasa amarilla en balanceado. ab representación de las diferencias estadísticas encontradas al comparar con el T1.

Gráfico 2: Promedio de la capa muscular



Los datos de la **tabla 2** y el **gráfico 2** muestran que el tratamiento T3, con un 50% de inclusión de grasa amarilla, alcanzó el mayor grosor promedio en la capa muscular intestinal en todas las categorías: mixto (93,37 μm), hembra (77,83 μm) y especialmente macho (108,9 μm). En esta última categoría (macho), se evidenció que T3 fue **estadísticamente superior** a los demás tratamientos, lo que sugiere un efecto positivo significativo derivado de la inclusión de grasa amarilla al 50% en la dieta.

Por su parte, el tratamiento T5, con 100% de inclusión de grasa amarilla, presentó el segundo mayor grosor muscular en las categorías: mixto (85,30 μm) y macho (90,93 μm), mostrando una tendencia favorable respecto al T3. En la categoría hembra (79,66 μm), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Los tratamientos T2 y T4, con 25% y 75% de inclusión, mostraron valores intermedios en mixto (68,01 μm y 68,02 μm , respectivamente) y macho (60,72 μm y 65,19 μm), sin diferencias significativas respecto a T1 ni T5.

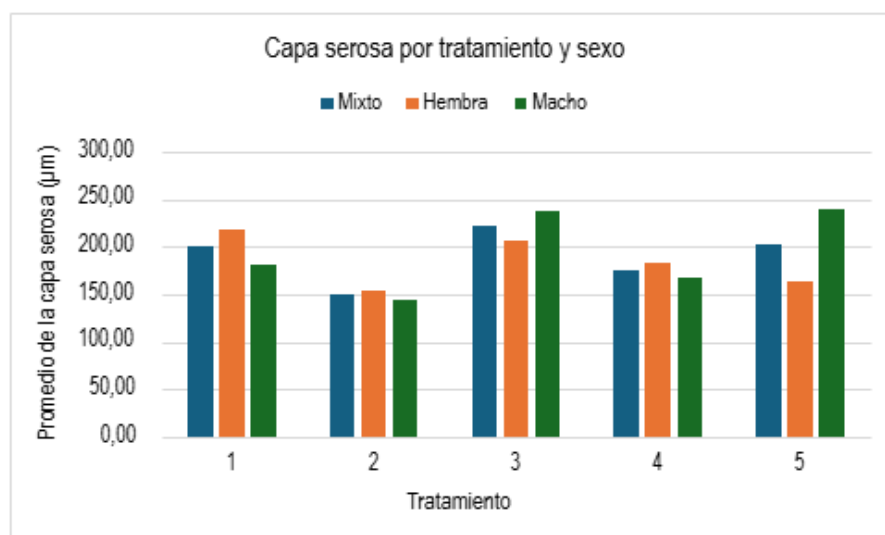
El tratamiento control T1, sin inclusión de grasa amarilla, evidenció los valores más bajos de grosor muscular intestinal en todas las categorías: mixto (55,83 μm), hembra (63,51 μm) y macho (48,15 μm). Estos resultados respaldan la hipótesis de que una inclusión adecuada de grasa amarilla puede favorecer significativamente el desarrollo muscular intestinal, especialmente en niveles del 50 %.

Tabla 3: Promedio de la capa serosa con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	200,47 ^{ab} $\pm$ 34,52	219,07 ^a $\pm$ 57,79	181,88 ^{ab} $\pm$ 46,54
2	149,45 ^a $\pm$ 34,52	154,01 ^a $\pm$ 57,79	144,88 ^a $\pm$ 46,54
3	222,14 ^b $\pm$ 34,52	206,27 ^a $\pm$ 57,79	238,02 ^b $\pm$ 46,54
4	175,18 ^{ab} $\pm$ 34,52	182,18 ^a $\pm$ 57,79	168,17 ^{ab} $\pm$ 46,54
5	201,84 ^{ab} $\pm$ 34,52	164,46 ^a $\pm$ 57,79	239,22 ^b $\pm$ 46,54

Tratamiento 1 (testigo) sin grasa amarilla, Tratamiento 2 (25%), Tratamiento 3 (50 %), Tratamiento 4 (75%) y Tratamiento 5 (100 %) de inclusión de grasa amarilla en balanceado. ab representación de las diferencias estadísticas encontradas al comparar con el T1.

Gráfico 3: Promedio de la capa serosa



Los resultados presentados en la **tabla 3** y **gráfico 3** muestran que el tratamiento T3, con un 50% de inclusión de grasa amarilla, presentó el mayor espesor de la capa serosa en mixto (222,14 μm) y macho (238,02 μm). Se observaron diferencias significativas respecto a T2 (144,88 μm) en machos, así como frente a T1 (181,88 μm) y T4 (168,17 μm). En la categoría hembra, aunque T3 mostró un valor alto (206,27 μm), no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

El tratamiento T5, con 100% de inclusión de grasa amarilla, mostró un espesor (239,22 μm) muy similar a T3 en la categoría macho, lo que sugiere un efecto positivo. En las categorías mixto y hembra, T5 no mostró diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos.

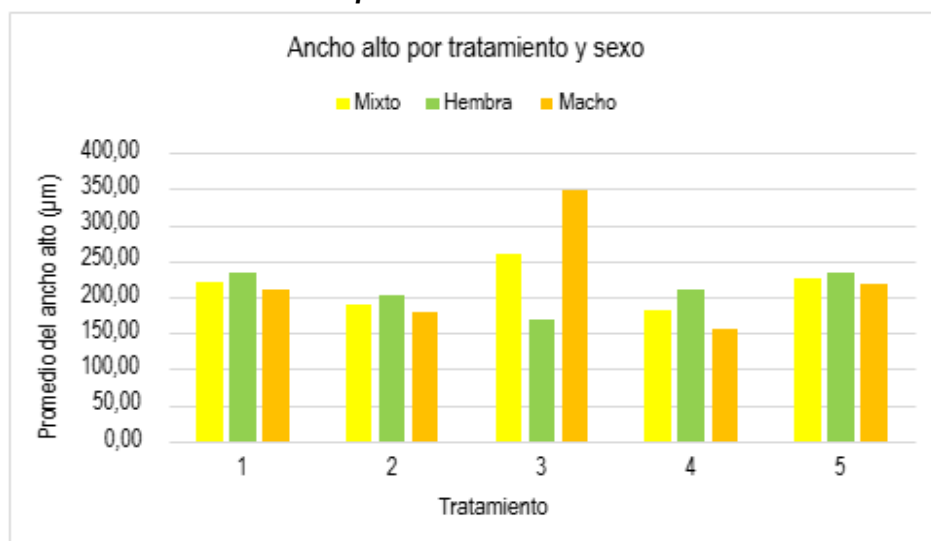
El tratamiento T2 registró los menores promedios de espesor de la capa serosa en todas las categorías: mixto (149,45 μm), hembra (154,01 μm) y macho (144,88 μm), siendo significativamente inferior a T3 y T5 en la categoría macho.

Tabla 4: Promedio del ancho alto con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	221,35 ^a $\pm$ 52,11	232,67 ^a $\pm$ 79,33	210,04 ^{ab} $\pm$ 70,12
2	189,93 ^a $\pm$ 52,11	201,48 ^a $\pm$ 79,34	178,38 ^a $\pm$ 70,12
3	258,75 ^a $\pm$ 52,11	168,85 ^a $\pm$ 79,33	348,66 ^b $\pm$ 70,12
4	182,78 ^a $\pm$ 52,11	209,16 ^a $\pm$ 79,33	156,41 ^a $\pm$ 70,12
5	225,03 ^a $\pm$ 52,11	232,65 ^a $\pm$ 79,33	217,42 ^{ab} $\pm$ 70,12

Tratamiento 1 (testigo) sin grasa amarilla, Tratamiento 2 (25%), Tratamiento 3 (50 %), Tratamiento 4 (75%) y Tratamiento 5 (100 %) de inclusión de grasa amarilla en balanceado. ab representación de las diferencias estadísticas encontradas al comparar con el T1.

Gráfico 4. Promedio del ancho alto



Los resultados obtenidos en la **tabla 4** y **gráfico 4** muestran que el tratamiento T3, con un 50% de inclusión de grasa amarilla, presentó el mayor valor de ancho alto en la categoría macho (348,66 μm), evidenciando una diferencia estadísticamente significativa frente a los demás tratamientos. Este resultado sugiere un posible efecto positivo de T3 sobre la robustez estructural de la mucosa intestinal en los machos. En las categorías mixto (258,75 μm) y hembra (168,85 μm), aunque T3 también mostró valores altos, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Los tratamientos T1 y T5, en machos, presentaron valores intermedios (210,04 μm y 217,42 μm , respectivamente), sin diferencias significativas frente a T3 ni frente a los tratamientos con menor espesor.

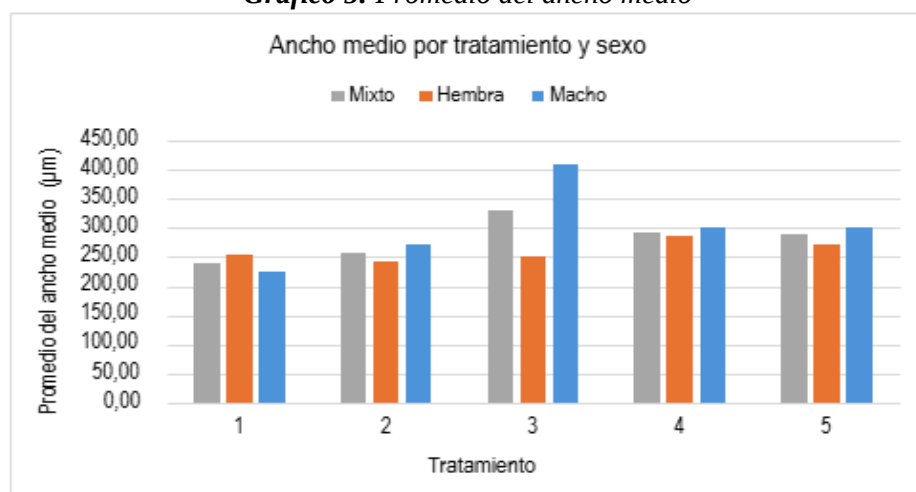
En contraste, los tratamientos T2 y T4 presentaron los valores más bajos en machos (178,38 μm y 156,41 μm , lo que podría reflejar un menor desarrollo estructural intestinal a esos niveles de inclusión.

Tabla 5: Promedio del ancho medio con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	239,96 ^a $\pm$ 51,51	255,19 ^a $\pm$ 77,57	224,73 ^a $\pm$ 76,70
2	257,56 ^a $\pm$ 51,51	243,51 ^a $\pm$ 77,57	271,61 ^{ab} $\pm$ 76,70
3	329,67 ^a $\pm$ 51,51	250,84 ^a $\pm$ 77,57	408,51 ^b $\pm$ 76,70
4	293,09 ^a $\pm$ 51,51	286,08 ^a $\pm$ 77,57	300,20 ^{ab} $\pm$ 76,70
5	288,17 ^a $\pm$ 51,51	272,14 ^a $\pm$ 77,57	301,83 ^{ab} $\pm$ 76,70

Tratamiento 1 (testigo) sin grasa amarilla, Tratamiento 2 (25%), Tratamiento 3 (50 %), Tratamiento 4 (75%) y Tratamiento 5 (100 %) de inclusión de grasa amarilla en balanceado. ab representación de las diferencias estadísticas encontradas al comparar con el T1.

Gráfico 5: Promedio del ancho medio



Los datos de la **tabla 5** y **gráfico 5**, el tratamiento T3, con una inclusión del 50% de grasa amarilla, presentó el mayor promedio de ancho medio en la categoría macho (408,51 μm), indicando una diferencia estadísticamente significativa frente a los demás tratamientos. Esto sugiere un efecto favorable de este nivel de inclusión sobre la estructura de las vellosidades intestinales en machos. En las categorías mixto (329,67 μm) y hembra (250,84 μm), si bien el tratamiento T3 registró los valores más altos, no se identificaron diferencias significativas entre tratamientos.

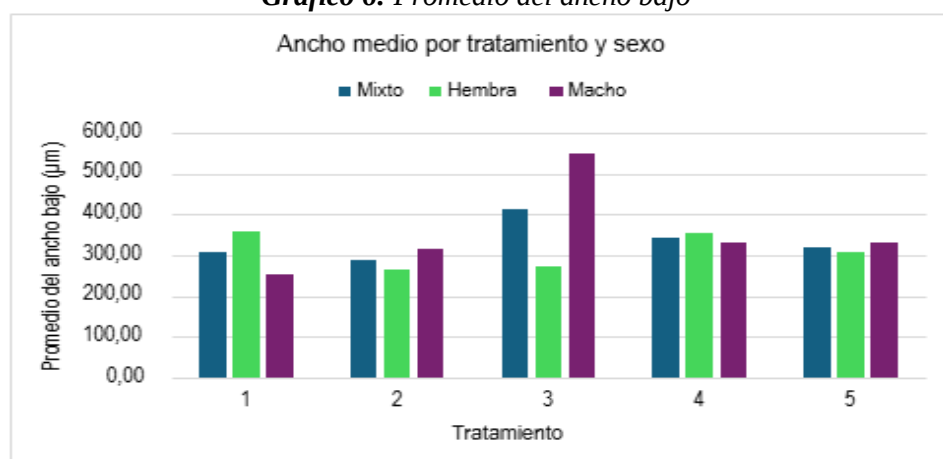
Los tratamientos T4 y T5 también evidenciaron promedios elevados en la categoría macho (300,20 μm y 301,83 μm , respectivamente), superando numéricamente al tratamiento control T1 (224,73 μm), aunque sin diferencias estadísticas. Por otro lado, los tratamientos T1 y T2 obtuvieron los valores más bajos en la mayoría de las categorías, destacando T1 como el menor en machos, lo que podría indicar una menor capacidad de desarrollo estructural a estos niveles de inclusión de grasa.

Tabla 6: Promedio del ancho bajo con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	306,32 ^a $\pm$ 64,72	357,99 ^a $\pm$ 86,63	254,66 ^a $\pm$ 84,22
2	289,08 ^a $\pm$ 64,72	264,56 ^a $\pm$ 86,63	313,61 ^a $\pm$ 84,22
3	411,32 ^a $\pm$ 64,72	272,04 ^a $\pm$ 86,63	550,59 ^b $\pm$ 84,22
4	342,77 ^a $\pm$ 64,72	355,27 ^a $\pm$ 86,63	330,27 ^a $\pm$ 84,22
5	319,50 ^a $\pm$ 64,72	308,94 ^a $\pm$ 86,63	330,06 ^a $\pm$ 84,22

Tratamiento 1 (testigo) sin grasa amarilla, Tratamiento 2 (25%), Tratamiento 3 (50 %), Tratamiento 4 (75%) y Tratamiento 5 (100 %) de inclusión de grasa amarilla en balanceado. ab representación de las diferencias estadísticas encontradas al comparar con el T1.

Gráfico 6: Promedio del ancho bajo



Los resultados observados en la **tabla 6** y el **gráfico 6** indican que el tratamiento T3, que incluyó un 50% de grasa amarilla en la dieta, alcanzó el mayor promedio de ancho bajo de las vellosidades intestinales en los machos (550,59 μm), con una diferencia estadísticamente significativa al compararse con el resto de los tratamientos. En los grupos mixto (411,32 μm) y hembra (272,04 μm), T3 también presentó los valores más altos, aunque no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos.

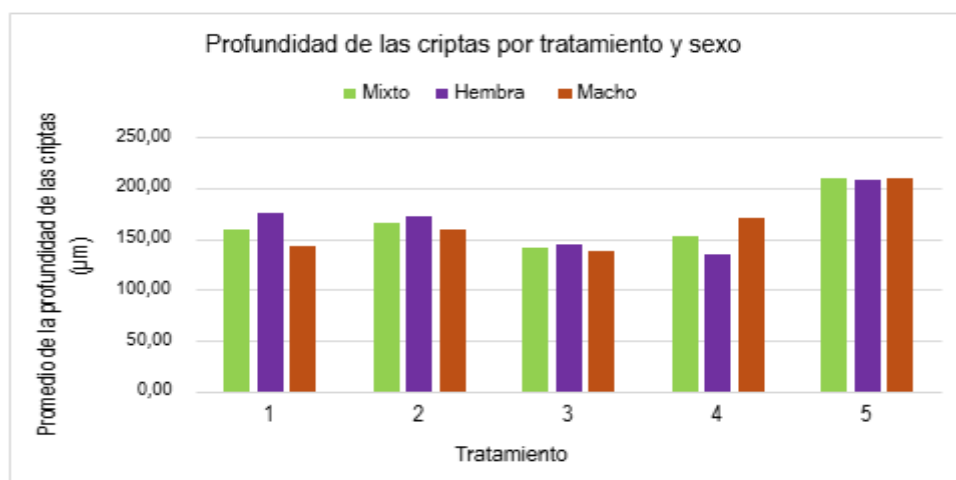
Por otro lado, los tratamientos T4 y T5 reflejaron promedios relativamente elevados en machos (330,27 μm y 330,06 μm , respectivamente), aunque sin diferenciarse estadísticamente del control T1 ni de T3. Los tratamientos con menores valores fueron T1 y T2, especialmente en la categoría macho (254,66 μm y 313,61 μm), lo que sugiere que no favorecieron una adecuada conformación en la base de las vellosidades.

Tabla 7: Promedio de la profundidad de criptas con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	159,20 ^a $\pm$ 28,15	175,99 ^a $\pm$ 40,39	142,40 ^a $\pm$ 47,43
2	166,05 ^{ab} $\pm$ 28,15	172,73 ^a $\pm$ 40,39	159,36 ^a $\pm$ 47,43
3	141,60 ^a $\pm$ 28,15	145,09 ^a $\pm$ 40,39	138,11 ^a $\pm$ 47,43
4	152,70 ^{ab} $\pm$ 28,15	135,34 ^a $\pm$ 40,39	170,06 ^a $\pm$ 47,43
5	208,82 ^b $\pm$ 28,15	207,66 ^a $\pm$ 40,39	209,98 ^a $\pm$ 47,43

Tratamiento 1 (testigo) sin grasa amarilla, Tratamiento 2 (25%), Tratamiento 3 (50 %), Tratamiento 4 (75%) y Tratamiento 5 (100 %) de inclusión de grasa amarilla en balanceado. ab representación de las diferencias estadísticas encontradas al comparar con el T1.

Gráfico 7: Promedio de la profundidad de criptas



Al analizar los resultados de la **tabla 7** y el **gráfico 7**, se observa que el tratamiento T5, que incluye el 100% de grasa amarilla, mostró las mayores profundidades de criptas en todas las categorías evaluadas: mixto (208,82 μm), hembra (207,66 μm) y macho (209,98 μm). Sin embargo, solo en el grupo mixto estas diferencias fueron significativas al compararse con los demás tratamientos. En las categorías hembra y macho, aunque T5 también presentó los valores más altos, las diferencias numéricas no fueron suficientes para considerarse estadísticamente significativas, por lo que no se puede concluir con certeza científica que T5 tuvo un efecto real sobre la profundidad de las criptas en esas categorías.

Los tratamientos T2 y T4 mostraron promedios intermedios en la categoría mixta (166,05 μm y 152,70 μm , respectivamente), sin diferenciarse ni del control T1 ni de T5. Por su parte, T1 y T3 reflejaron los menores valores en las tres categorías: mixto (159,20 y 141,60 μm), hembra (175,99 y 145,09 μm) y macho (142,40 y 138,11 μm), lo que sugiere una menor actividad en la regeneración del epitelio.

4.1.2 Análisis estadístico cualitativo hepático en pollos broiler tratados experimentalmente con grasa amarilla como suplemento alimenticio: presencia de tumefacción celular y esteatosis hepática.

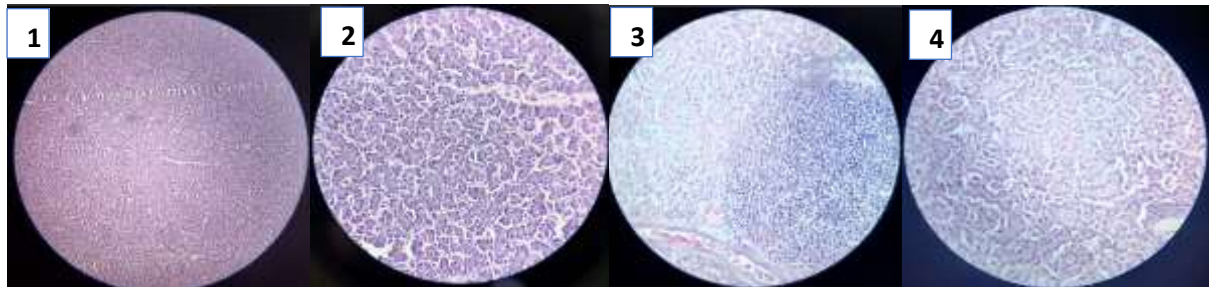


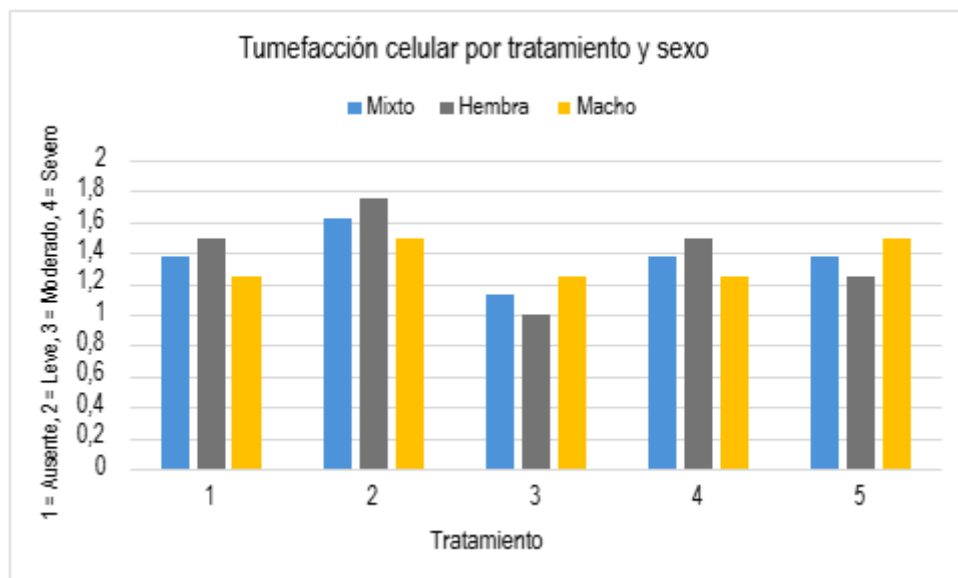
Ilustración 2: Clasificación de los grados de lesiones hepáticas en pollos broiler tratados experimentalmente, observando tumefacción celular y esteatosis hepática

1: Ausente **2:** Leve **3:** Moderada **4:** severa

Tabla 8: Promedio de tumefacción celular con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	1,38 ^a ± 0,30	1,50 ^a ± 0,46	1,25 ^a ± 0,49
2	1,63 ^a ± 0,30	1,75 ^a ± 0,46	1,50 ^a ± 0,49
3	1,13 ^a ± 0,30	1,00 ^a ± 0,46	1,25 ^a ± 0,49
4	1,38 ^a ± 0,30	1,50 ^a ± 0,46	1,25 ^a ± 0,49
5	1,38 ^a ± 0,30	1,25 ^a ± 0,46	1,50 ^a ± 0,49

Gráfico 8: Promedio de tumefacción celular



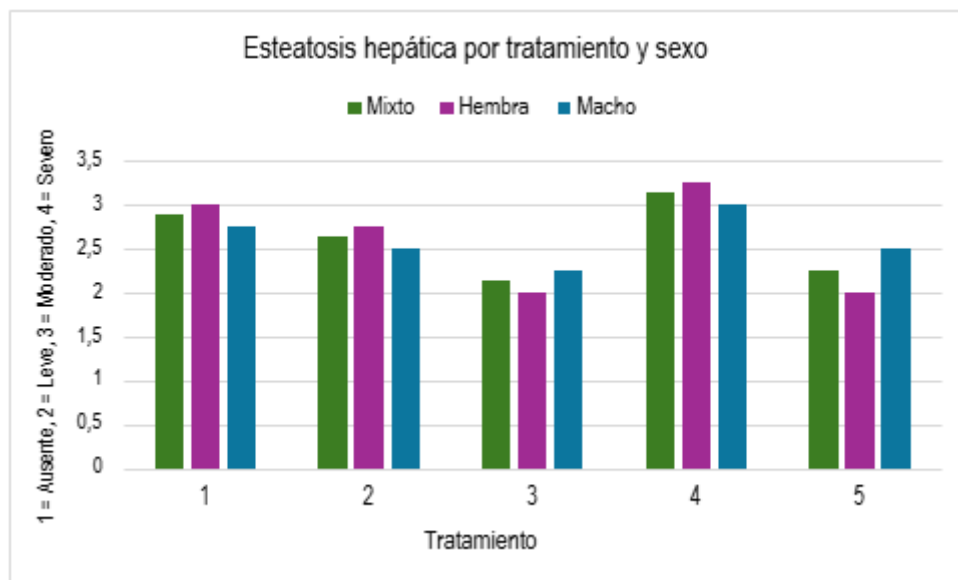
En los datos presentados de la **tabla 8** y **gráfico 8**, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados en las categorías mixto, hembra y macho. Esto indica que la intensidad de la tumefacción celular fue similar en todos los grupos, independientemente del nivel de grasa amarilla incluido en la dieta.

El tratamiento T3, con un 50% de inclusión de grasa amarilla, registró los menores niveles de tumefacción celular en los grupos mixto (1,13; ausente) y hembra (1,00; ausente), lo que podría indicar una menor alteración celular. En contraste, el tratamiento T2 presentó los valores más altos, especialmente en hembras (1,75; ausente), sugiriendo una posible tendencia hacia mayor inflamación, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 9: Promedio de esteatosis hepática con sus intervalos de confianza

Tratamiento	Mixto	Hembra	Macho
1	2,88 ^b ± 0,30	3,00 ^b ± 0,36	2,75 ^a ± 0,53
2	2,63 ^{ab} ± 0,30	2,75 ^b ± 0,36	2,50 ^a ± 0,53
3	2,13 ^a ± 0,30	2,00 ^a ± 0,36	2,25 ^a ± 0,53
4	3,13 ^b ± 0,30	3,25 ^b ± 0,36	3,00 ^a ± 0,53
5	2,25 ^a ± 0,30	2,00 ^a ± 0,36	2,50 ^a ± 0,53

Gráfico 9. Promedio de esteatosis hepática



Según los datos de la **tabla 9** y el **gráfico 9**, el tratamiento T4 presentó los niveles más altos de esteatosis hepática en todas las categorías analizadas: mixto (3,13; moderado), hembra (3,25; moderado) y macho (3,00; moderado). En los grupos mixto y hembra, los valores fueron significativamente mayores en comparación con tratamientos que mostraron menor afectación, como el tratamiento T3 y el tratamiento T5 en mixto (2,25; leve) y hembra (2,00; leve).

Por otro lado, el tratamiento T3 mostró los valores más bajos de esteatosis hepática en todos los grupos evaluados: mixto (2,13; leve), hembra (2,00; leve) y macho (2,25; leve), lo que sugiere una menor acumulación de grasa hepática, posiblemente debido a un efecto protector del 50 % de inclusión de grasa amarilla.

En los grupos mixto y hembra, el tratamiento T2 presentó valores intermedios de esteatosis hepática: mixto (2,63; leve) y hembra (2,75; leve). En hembras, estos valores fueron significativamente mayores en comparación con tratamientos que mostraron menores niveles, como T3. En el grupo mixto, no se observaron diferencias estadísticas claras frente a los tratamientos con mayor o menor afectación. Por último, en los machos no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

4.2 Discusión

En esta investigación demostró que la incorporación de grasa amarilla en la dieta balanceada para pollos influye de manera considerable en cuanto a la morfología de la mucosa intestinal, particularmente en la longitud y conformación de las vellosidades, así como en la profundidad de las criptas. Estas modificaciones estructurales están directamente relacionadas con la capacidad de la absorción de nutrientes, por ende, con el rendimiento de las aves.

La inclusión del 50 % de grasa amarilla obtuvo los resultados más elevados respecto a los parámetros morfológicos intestinales, destacando la mayor longitud de las vellosidades (1965,68 μm), mayor espesor de la capa muscular (93,37 μm), y un grosor superior de la serosa (222,14 μm), así como en los tres niveles evaluados del ancho de las vellosidades. Estos hallazgos coinciden con lo descrito por Zhang et al. (2022), quienes señalan que una morfología intestinal adecuada, caracterizada por vellosidades más largas y criptas menos profundas favorecen una digestión más eficiente y una mejor absorción de nutrientes en pollos de engorde.

No obstante, investigaciones más recientes, descritas por Urban et al. (2023) (48), destacan que el efecto de las grasas amarillas depende en gran medida de su grado de oxidación y del perfil de ácidos grasos; niveles moderados de oxidación pueden ser tolerados sin manifestaciones clínicas adversas, siempre que la dieta este balanceada con antioxidantes naturales.

En cuanto a los resultados obtenidos en este estudio realizado específicamente de la parte del intestino, indican que el tratamiento que incorporó un 50% de grasa amarilla, benefició un mayor desarrollo de las vellosidades intestinales, siendo más notorio en los machos, esto recomienda que una cantidad equilibrada de grasa residual en la dieta podría optimizar la capacidad de absorción del intestino, al incrementar su superficie funcional. Estos datos coinciden con otros proyectos científicos que han presentado que niveles intermedios de lípidos pueden incentivar el crecimiento intestinal sin provocar daños en su estructura.

Estos resultados son consistentes con lo reportado Wiśniewska et al. (2024) (49), quienes observaron que la inclusión de emulsificantes y enzimas multcarbhidrasa en dietas con lípidos mejoró significativamente la altura de las vellosidades duodenales e ileales en pollos de engorde, beneficiando la absorción de nutrientes y la eficiencia digestiva.

En los tratamientos con niveles elevados de grasa amarilla (75 % y 100 %), observamos una disminución en la altura de las vellosidades intestinales, lo que podría deberse al estrés

oxidativo generado por grasas de baja calidad o parcialmente oxidadas. Por ejemplo, el trabajo realizado por Zhang et al. (2022) (50), demostró que las dietas con aceites oxidados afectan negativamente la morfología intestinal, reduciendo la altura de las vellosidades y alterando la relación vellosidad/cripta, lo que compromete la funcionalidad de la mucosa en pollos.

De igual forma, el tipo de grasa incluida también parece influir en la respuesta histológica intestinal. El uso de aceite de palma crudo, rico en antioxidantes naturales, ha sido señalado como protector del epitelio intestinal. En este sentido Izuddin et al. (2022), indicaron que dietas con aceite de palma crudo contribuyen a mantener la integridad de las vellosidades intestinales, en contraste con el aceite refinado, que pierde su efecto protector durante el proceso industrial.

En cuanto a los tratamientos al 75% y 100% mostraron aumento en variables como la profundidad de las criptas y el grosor de la capa serosa, lo cual podría indicar una alteración moderada de la homeostasis intestinal, posiblemente como respuesta adaptativa a un estrés generado por el alto contenido de grasa en la dieta. En particular, el tratamiento al 100% presento la mayor profundidad de criptas (208,82 μm), lo que puede estar relacionado con una mayor actividad mitótica y recambio celular, aunque este no necesariamente se traduce en una mejor funcionalidad intestinal. Estudios como los de Cesarani et al. (2020) (52) y Hou et al. (2023) (53), respaldan esta interpretación, señalando que dietas con altos niveles de lípidos oxidados pueden inducir una inflamación subclínica y afectar la regeneración epitelial, especialmente bajo condiciones de sobrecarga lipídica.

Los resultados muestran que la grasa amarilla afecta principalmente al hígado en forma de esteatosis hepática, mientras que la tumefacción celular fue leve o ausente en la mayoría de los tratamientos. Tratamientos con inclusión de gasa amarilla al 50 %, fueron los que presentaron menores niveles de daño hepático, tanto en acumulación de grasa como en alteración celular, lo que sugiere que ese nivel intermedio fue mejor tolerado por las aves. Sin embargo, la inclusión de grasa amarilla al 75 %, mostró mayores niveles de esteatosis en todos los grupos, lo cual podría deberse al uso de grasa de baja calidad o parcialmente oxidada.

En un estudio reciente de células hepáticas en pollo realizada por Zhu et al. (2025) (54), indican que el ácido oleico puede provocar acumulación de grasa en el hígado sin causar inflamación ni daño celular evidente. Esto se relaciona con lo observado en este estudio, donde la mayoría de las aves presentaron esteatosis leve o moderada, pero sin signos de tumefacción celular.

Los resultados obtenidos también concuerdan con investigaciones recientes sobre el uso de grasas oxidadas y residuos lipídicos en la alimentación de aves. Se ha comprobado que los aceites vegetales sometidos a oxidación, composición similar a la grasa amarilla utilizada, pueden provocar acumulación de grasa en el hígado sin causar inflamación ni daño celular notable, lo cual coincide con lo observado en este estudio, donde la esteatosis fue la alteración más frecuente mencionado por Zhang et al. (2023) (55)

Además, se ha encontrado que el uso de grasas de baja calidad (oxidadas) puede afectar el funcionamiento del hígado, incluso sin provocar daños estructurales visibles. Sin embargo, este tipo de lípidos puede aumentar el estrés oxidativo y la inflamación a nivel celular Desbruslais et al. (2022) (56). Esto respalda la idea de que las diferencias encontradas entre tratamientos podrían estar relacionadas no solo con la cantidad de grasa amarilla usada, sino también con su grado de oxidación y la facilidad con la que el organismo la digiere.

Finalmente, estudios realizados por Izuddin et al. (2023) (57), señalan que el aceite de palma crudo contiene más antioxidantes naturales, como carotenos y tocoferoles, así como compuestos que ayudan a proteger los tejidos del daño oxidativo, incluyendo el hígado. En cambio, cuando el aceite es refinado, pierde parte de estos componentes, lo que disminuye su efecto protector. Esta diferencia podría estar relacionada con los casos de esteatosis moderada encontrados en el tratamiento testigo sin inclusión de grasa amarilla, donde solamente se usó aceite refinado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La inclusión del 50% de grasa amarilla en la dieta balanceada de pollos broiler promovió una mejora significativa en la morfología intestinal, evidenciada por una mayor longitud de las vellosidades, aumento del grosor de la capa muscular y serosa, así como dimensiones optimas en los distintos niveles del ancho de las vellosidades. Este tratamiento demostró ser el más beneficioso en términos de estructuras intestinales, particularmente en aves macho.

Niveles elevados de inclusión al 75% y 100% de grasa amarilla provocaron alteraciones morfológicas intestinales como disminución en la longitud de vellosidades y aumento en la profundidad de las criptas, lo cual sugiere una posible afectación en la homeostasis intestinal y una respuesta adaptativa al estrés oxidativo generado por lípidos degradados.

La respuesta hepática fue distinta entre tratamientos: en el 50% mostró mínima afectación hepática con esteatosis leve y ausencia de tumefacción celular, mientras que en los de 0%, 25% y 75% detectaron grados moderados e inclusión severos de esteatosis hepática. Estos hallazgos indican que el metabolismo hepático responde de forma variable según el nivel y calidad de la grasa incluida en la dieta.

El uso de grasa amarilla como fuente energética alternativa es viable en dietas para pollos broiler siempre que se controle su nivel de inclusión y su calidad (oxidación y composición lipídica). Una inclusión del 50% representa un punto de equilibrio entre aprovechamiento energético, mantenimiento de la integridad intestinal y reducción de efectos hepáticos adversos.

El uso racional de grasa amarilla puede contribuir a mejorar ciertos parámetros digestivos, pero niveles elevados de inclusión, como el 75 % o más, pueden comprometer la funcionalidad hepática debido al incremento en la acumulación de lípidos en el hígado. Por ello, es fundamental evitar excesos y garantizar una adecuada conservación del insumo. Estos resultados abren la posibilidad de aprovechar residuos lipídicos como recurso alimenticio sostenible en la avicultura moderna, siempre bajo estrictos parámetros técnicos y sanitarios.

5.2 Recomendaciones

- Implementar el uso de grasa amarilla en un nivel del 50% en dietas para pollos broiler como alternativa parcial a las fuentes tradicionales de lípidos, dado que este nivel promueve una morfología intestinal favorable y una respuesta hepática adecuada sin comprometer la salud ni la absorción de nutrientes.
- Evitar la inclusión de grasa amarilla en niveles iguales o superiores al 75%, ya que estos porcentajes mostraron una tendencia a alterar la integridad intestinal y provocar acumulación hepática de lípidos, lo cual puede afectar negativamente el desempeño zootécnico y la salud de las aves.
- Evaluar de forma constante el estado de oxidación de la grasa amarilla antes de su uso en la formulación de alimentos, mediante análisis de peróxidos y compuestos secundarios de oxidación, con el fin de evitar la inclusión de lípidos degradados que puedan inducir estrés oxidativo y lesiones histológicas.
- Complementar las dietas con antioxidantes naturales o sintéticos cuando se utilicen residuos lipídicos, para contrarrestar los efectos negativos del posible deterioro de la grasa y preservar la funcionalidad del sistema digestivo y hepático en los pollos broiler. Garantizar condiciones adecuadas de almacenamiento de la grasa amarilla, evitando su exposición prolongada al calor, luz o aire, a fin de prevenir su oxidación y mantener su calidad nutricional antes del uso en dietas balanceadas.
- Promover investigaciones futuras que evalúen el efecto de la grasa amarilla en diferentes fases productivas, así como su interacción con aditivos nutricionales como enzimas, prebióticos o probióticos, con el objetivo de optimizar su aprovechamiento en la nutrición avícola.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Espadero Parra, C. F. UTMACH Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria. [Online]. 2024 [cited 2025 Enero 24]. *Efecto de la inclusión de un compuesto nitrogenado en el agua de bebida sobre la integridad intestinal en pollos Broiler*. Universidad Técnica de Machala. Available from: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23713/1/Trabajo_Titulacion_3707.pdf
2. Cortes Machado, L. S. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Bucaramanga. [Online]. 2019 [cited 2025 Enero 24]. [Título no disponible]. Available from: <https://repository.ucc.edu.co/>
3. Faus Climent, A. [Online]. 2008 [cited 2025 Enero 24]. *La integridad intestinal: factores asociados a su mantenimiento*. Available from: <https://ws.studylib.es/doc/5873433/la-integridad-intestinal--factores-asociados-a-su-mantenimiento>
4. Avilés Esquivel, D., Montero Recalde, M. A., & Pomboza, P. [Online]. 2019 Jun [cited 2025 Enero 24]. *Caracterización del sistema de producción de aves de traspatio del cantón Cevallos, Ecuador*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/334148856_CHARACTERIZACION_DEL_SISTEMA_DE_PRODUCCION_DE_AVES_DE_TRASPATIO_DEL_CANTON_CEVALLLOS_ECUADOR_CHARACTERIZATION_OF_THE_BACKYARD_POULTRY_PRODUCTION_SYSTEM_OF_THE_CEVALLLOS_CANTON_ECUADOR
5. Mero Chávez, U. F., Baduy Molina, A. L., & Cárdenas Reyes, E. E. JOURNAL BUSINESS SCIENCE. [Online]. 2022 Dec 30 [cited 2025 Enero 24]; 3(2):43–61. *Producción avícola y su incidencia en el desarrollo económico del cantón Olmedo, provincia de Manabí*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/370902990_Produccion_avicola_y_su_incidencia_en_el_desarrollo_economico_del_canton_olmedo_provincia_de_manabi
6. Palma-Avellán, A. M., & Sabando-Mendoza, E. R. 593 Digital Publisher CEIT. [Online]. 2023 May 2 [cited 2025 Enero 24]; 8(3):777–793. *Producción y consumo avícola en Manabí: Una comparación interna entre demanda y consumo*. Available from: https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/1822
7. López, G. Y. H., Villacís, J. J. Z., & Marini, P. R. Ciencia Digital. [Online]. 2024 Jul 26 [cited 2025 Enero 24]; 8(3):122–136. *Indicators of productive efficiency in conventional vs. technical poultry farms located in the province of Manabí - Ecuador*. Available from: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/2963>
8. Ruiz Aristizábal, A. [Online]. 2021 [cited 2025 Enero 24]. *Crianza de pollos de engorde*. Available from: https://files.cdn-files-a.com/uploads/699664/normal_600ee1f48f964.pdf
9. Montero Balboa, W. M. ESPOCH. [Online]. 2022 [cited 2025 Enero 26]. *Evaluación económica y productiva de dietas altas en fibra de pollos Broiler bajo sistemas de producción en altura de la Universidad Nacional de Loja “Extensión Punzara”*. Available from: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17516/1/17T01755.pdf>
10. Hidayati, N. A., Zuprizal, Kustantinah, Indarto, R. E., Suryanto, E., & Dono, N. D. Tropical Animal Science Journal. [Online]. 2022 Nov 28 [cited 2025 Enero 26];

- 45(4):443–450. *Intestinal health in broiler chickens treated with nanoencapsulation of Terminalia catappa leaf extract as an antibacterial agent*. Available from: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/tasj/article/view/37737>
11. Alvarado-López, J. E., & Hernández, E. CienciaUAT. [Internet]. 2024 Dec 8 [cited 2025 Jan 26]; 155–169. *La importancia de la microbiota intestinal en la fisiología y rendimiento de pollos de engorda y gallinas de postura*. Available from: <https://revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUAT/article/view/1795/1159>
 12. Mahdy, M. A. A., & Mohammed, E. S. I. BMC Veterinary Research. [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Jan 25]; 20(1):1–14. *Anatomical, histological, and scanning electron microscopic features of the esophagus and crop in young and adult domestic pigeons (Columba livia domestica)*. Available from: <https://link.springer.com/articles/10.1186/s12917-024-04147-z>
 13. Wickramasuriya, S. S., Park, I., Lee, K., Lee, Y., Kim, W. H., Nam, H., et al. Vaccines. [Internet]. 2022 Jan 22 [cited 2025 Jan 25]; 10(2):172. *Role of physiology, immunity, microbiota, and infectious diseases in the gut health of poultry*. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-393X/10/2/172/html>
 14. Del Valle Holguín, W. Mg. Sc. [Internet]. 2021 [cited 2025 Jan 24]. *Morfometría del tracto gastrointestinal (TGI) en pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de frijol de palo (Cajanus cajan)*. Available from: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3371>
 15. Ibrahim, I. A., Mokhtar, D. M., & Fadl, S. Morphologie. [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2025 Jan 26]; 104(344):1–19. *The morphological development of the proventriculus of Dandarawi chick: Light and electron microscopical studies*. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2019.12.001>
 16. Gil Cano, F., & Ramírez Zarzosa, G. [Internet]. 2008 [cited 2025 Jan 27]. *Anatomía interactiva de las aves: Aspectos funcionales y clínicos*. Available from: <https://www.um.es/anatvet-interactivo/interactividad/aaves/indexc.htm>
 17. Zhang, X., Akhtar, M., Chen, Y., Ma, Z., Liang, Y., Shi, D., et al. Microbiome. [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2025 Jan 26]; 10(1):1–19. *Chicken jejunal microbiota improves growth performance by mitigating intestinal inflammation*. Available from: <https://microbiomejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40168-022-01299-8>
 18. Gürbüz, M. *Enfermedades de las aves*. Google Books. [Internet]. 2022 [cited 2025 Jan 24]. Available from: https://www.google.com.ec/books/edition/ENFERMEDADES_DE_LAS_AVES/ctBiEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=sistema+digestivo+de+pollos+de+engorde&pg=PT23&printsec=frontcover
 19. Valladares de la Cruz, J. C. BM Editores. [Internet]. 2019 [cited 2025 Jan 27]. *Diferencias anatómicas, histológicas y fisiológicas entre mamíferos y aves*. Available from: <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/diferencias-anatomicas-histologicas-y-fisiologicas-entre-mamiferos-y-aves-2214/>
 20. Bindari, Y. R., & Gerber, P. F. Poultry Science. 2022 Jan 1; 101(1):101612. *Centennial Review: Factors affecting the chicken gastrointestinal microbial composition and their association with gut health and productive performance*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101612>

21. Duangnumsaeng, Y., Zentek, J., & Goodarzi Boroojeni, F. *Frontiers in Immunology*. [Internet]. 2021 Oct 4 [cited 2025 Jan 24]; 12:745849. *Development and functional properties of intestinal mucus layer in poultry*. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2021.745849/full>
22. Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. A. [Internet]. 2019 Feb [cited 2025 Jan 24]; 1–30. *Atlas de histología vegetal y animal: Órganos animales (digestivo)*. Available from: <http://mmegias.webs5.uvigo.es/inicio.html>
23. Pizarro Díaz, M. *aviNews*. [Internet]. 2024 Dec [cited 2025 Jan 24]; 1–10. “*Koilin*” o *capa queratinoide*. Available from: https://avinews.com/download/00_Revista-aviNews-Diciembre2024-v6-4.pdf
24. Cueva Sarmiento, B. S. Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. [Internet]. 2023 [cited 2025 Jan 24]; 1–47. [Título de tesis no disponible]. Available from: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27474/1/BriggetteStefany_CuevaSarmiento.pdf
25. Heredia, F. A. I., Bustamante, X. E. E., & Molina, E. L. G. *Revista Alfa*. [Internet]. 2021 May 4 [cited 2025 Jan 24]; 5(14):166–172. *Uso de probióticos y ácidos orgánicos como estimulantes del desarrollo de aves de engorde: Artículo de revisión*. Available from: <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/115/282>
26. García Hernández, G., Ledesma Martínez, N., Sánchez Godoy, F., & Urquiza Bravo, O. BM Editores. [Internet]. 2021 [cited 2025 Jan 24]. *Modelo para medir la longitud de las vellosidades intestinales de yeyuno e íleon*. Available from: <https://bmeditores.mx/avicultura/modelo-para-medir-la-longitud-de-las-vellosidades-intestinales-de-yeyuno-e-ileon/>
27. Urban, J., Kareem, K. Y., Matuszewski, A., Bień, D., Ciborowska, P., Lutostański, K., et al. *Phytochemistry Reviews*. [Internet]. 2024 Jul 13 [cited 2025 Jan 26]; 1–15. *Enhancing broiler chicken health and performance: The impact of phytobiotics on growth, gut microbiota, antioxidants, and immunity*. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-024-09994-0>
28. Mira, D. M. Á. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. [Internet]. 2022 [cited 2025 Jan 24]; 69(3):234–235. *Información estadística Fenavi*. Available from: <https://fenavi.org/estadisticas/>
29. Gan, L., Zhao, Y., Mahmood, T., & Guo, Y. *Poultry Science*. 2020 Jul 1; 99(7):3594–3605. *Effects of dietary vitamins supplementation level on the production performance and intestinal microbiota of aged laying hens*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.009>
30. Chardot, T. OCL. [Internet]. 2022 [cited 2025 Jan 24]; 29:34. *A comparison of natural and induced diversity in plant oils*. Available from: https://www.ocl-journal.org/articles/ocl/full_html/2022/01/ocl220028/ocl220028.html
31. Agüero, S. D., García, J. T., & Catalán, J. S. *Nutrición Hospitalaria*. [Internet]. 2015 Jul 1 [cited 2025 Jan 26]; 32(1):11–19. *Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: Características y propiedades*. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112015000700004&lng=es&nrm=iso&tlng=es

32. Nurhasanah, S., & Munarso, S. J. Green Energy and Technology. [Internet]. 2024 [cited 2025 Jan 27]; Part F2058:193–206. *Structured lipids based on palm oil*. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-7769-7_9
33. Lema, W., & Navarro, C. [Internet]. 2021 Jul 27 [cited 2025 Jan 28]. *Fundición de grasa animal planta de tratamiento de residuos orgánicos*. Available from: https://www.epmrq.gob.ec/images/parti_ciudadana/2021/Proceso_de_la_fundicion_de_grasa.pdf
34. Simpson, S., Mostyn, A., & Rutland, C. S. Fatty Acids. [Internet]. 2017 Jun 21 [cited 2025 Jan 28]. *Fatty acids in veterinary medicine and research*. IntechOpen. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/54881>
35. Rubio-Lozano, M. S., & Campos-Granados, C. M. Nacameh. [Internet]. 2022 [cited 2025 Jan 27]; 16(1):18–38. *Aportes al debate sobre el consumo de grasa saturada de las carnes rojas*. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8544601>
36. Orduña-Hernández, H. M., Salinas-Chavira, J., Montaña-Gómez, M. F., Infante-Rodríguez, F., Manríquez-Núñez, M., Vázquez-Sauceda, M. L., et al. [Internet]. 2016 Jan [cited 2025 Jan 28]. *Effect of frying fat substitution by vegetable oil and energy concentration on diets for productive performance of broilers*. [Datos incompletos, verificar revista].
37. Jadán, S. M. J., Morejón, F. M. C., García, M. S., Burgos, B. G., & García, V. G. infoANALÍTICA. [Internet]. 2023 Jan 11 [cited 2025 Jan 24]; 11(1):31–51. *Obtención de biodiesel a partir de la transesterificación de aceite vegetal residual*. Available from: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/157/1573979002/>
38. Juárez, M. D., & Sammán, N. Revista Española de Nutrición Comunitaria. [Internet]. 2007 [cited 2025 Jan 27]; 13(2):82–94. *El deterioro de los aceites durante la fritura*. Available from: <https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>
39. Birsoy, K., Festuccia, W. T., & Laplante, M. Journal of Cell Science. 2013 Apr 1; 126(7):1541–1552. *A comparative perspective on lipid storage in animals*. <https://doi.org/10.1242/jcs.104992>
40. Hamilton, C. R. [Internet]. 2005 [cited 2025 Jan 28]. *Valor de la grasa amarilla en alimentos balanceados*. Engormix. Available from: https://www.engormix.com/balanceados/rancidez-raction/valor-grasa-amarilla-alimentos_a26165/
41. Cisneros, F. J., & De Buenaventura, D. [Internet]. 2023 [cited 2025 Jan 24]. *Aprovechamiento del aceite residual de cocina como estrategia de proyectos productivos para la disminución del impacto ambiental en la comunidad educativa de grado quinto*. Available from: <https://orcid.org/000>
42. Liu, P., Kerr, B. J., Weber, T. E., Chen, C., Johnston, L. J., & Shurson, G. C. Journal of Animal Science. [Internet]. 2014 Jul 1 [cited 2025 Feb 2]; 92(7):2971–2979. *Influence of thermally oxidized vegetable oils and animal fats on intestinal barrier function and immune variables in young pigs*. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5710>
43. • Hutsol, N. V., Mysenko, O. O., Hultiaieva, O. V., & Naidina, T. V. Feeds and Feed Production. [Internet]. 2019 Jun 7 [cited 2025 Feb 2]; (87):136–143. *The use of by-products of oil and fat production in livestock breeding*. Available from: <https://fri-journal.com/index.php/journal/article/view/21>

44. Wiśniewska, Z., Kołodziejski, P., Pruszyńska, E., Konieczka, P., Kinsner, M., Górka, P., et al. Poultry Science. [Internet]. 2023 Jan 1 [cited 2025 Jun 23]; 102(1):102268. *Effect of emulsifier and multicarbohydase enzyme supplementation on performance and nutrient digestibility in broiler diets containing rapeseed meal*. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579122005636>
45. Zhang, Y., Mahmood, T., Tang, Z., Wu, Y., & Yuan, J. Poultry Science. [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2025 Jun 23]; 101(1):101541. *Effects of naturally oxidized corn oil on inflammatory reaction and intestinal health of broilers*. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579121005630>
46. Izuddin, W. I., Loh, T. C., Akit, H., Nayan, N., Noor, A. M., & Foo, H. L. Animals. [Internet]. 2022 Nov 15 [cited 2025 Jun 23]; 12(22):3156. *Influence of dietary palm oils, palm kernel oil and soybean oil in laying hens on production performance, egg quality, serum biochemicals and hepatic expression of beta-carotene, retinol and alpha-tocopherol genes*. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/22/3156/html>
47. Cesarani, A., Hidalgo, J., Garcia, A., Degano, L., Vicario, D., Masuda, Y., et al. Journal of Animal Science. [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2025 Jun 23]; 98(8). *Beef trait genetic parameters based on old and recent data and its implications for genomic predictions in Italian Simmental cattle*. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa242>
48. Hou, J., Lian, L., Lu, L., Gu, T., Zeng, T., Chen, L., et al. Animals. [Internet]. 2023 Nov 15 [cited 2025 Jun 23]; 13(22):3534. *Effects of dietary Bacillus coagulans and tributyrin on growth performance, serum antioxidants, intestinal morphology, and cecal microbiota of growing yellow-feathered broilers*. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/22/3534/html>
49. Zhu, Y., Zhao, X., Li, X., Hu, C., Zhang, Y., & Yin, H. Poultry Science. [Internet]. 2024 Nov 1 [cited 2025 Jun 23]; 103(11):104204. *Epigallocatechin gallate improves oleic acid-induced hepatic steatosis in laying hen hepatocytes via the MAPK pathway*. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579124007831>
50. Zhang, Y., Mahmood, T., Wu, Y., Tang, Z., Wang, Y., Wu, W., et al. Poultry Science. [Internet]. 2023 Mar 1 [cited 2025 Jun 23]; 102(3):102437. *Oxidized corn oil changes the liver lipid metabolism of broilers by upregulating peroxisome proliferators activate receptor- α* . Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579122007313>
51. Desbruslais, A., & Wealleans, A. L. Poultry. [Internet]. 2022 Nov 7 [cited 2025 Jun 23]; 1(4):246–277. *Oxidation in poultry feed: Impact on the bird and the efficacy of dietary antioxidant mitigation strategies*. Available from: <https://www.mdpi.com/2674-1164/1/4/22/html>
52. Izuddin, W. I., Loh, T. C., Nayan, N., Akit, H., Foo, H. L., & Noor, A. M. Animals. [Internet]. 2023 Jul 8 [cited 2025 Jun 23]; 13(14):2245. *Antioxidant enzyme system modulation by dietary palm oils, palm kernel oil and soybean oil in laying hens*. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/14/2245/html>

VI. ANEXOS



Anexo 1: Vacío sanitario y desinfección del área experimental interno y externo



Anexo 2: Distribución de los tratamientos



Anexo 3: Llegada de los pollitos al galpón



Anexo 4: Vacunación de Newcastle



Anexo 5: Pesaje semanal de los pollos



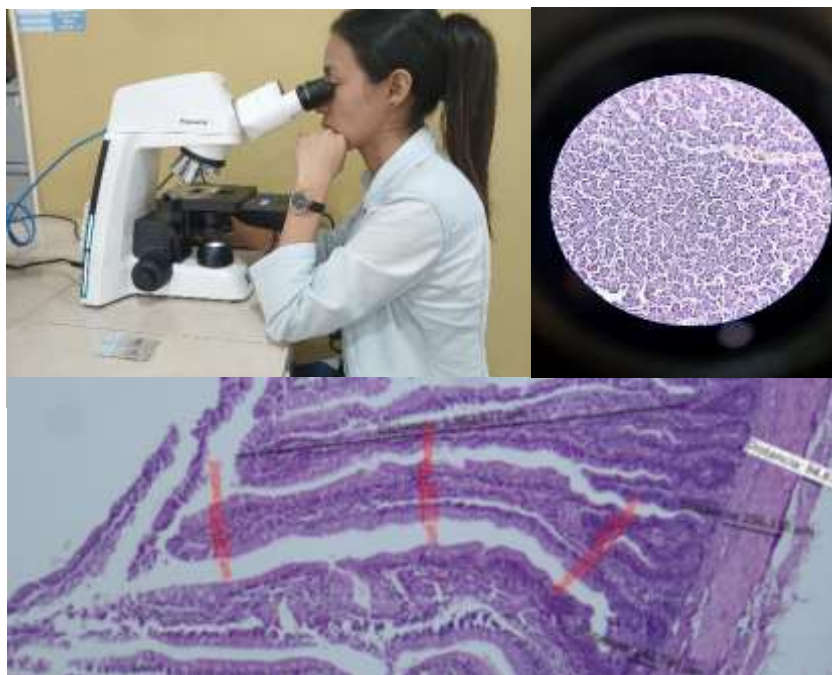
Anexo 6: Elaboración de balanceados



Anexo 7: Recolección de muestras del intestino delgado e hígado



Anexo 8: Muestra de tejido hepático e intestinal durante el proceso de preparación histológica



Anexo 9: Observación y mediciones de cortes histológicos en el microscopio