

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Efectos de dos fitobióticos anticoccidiales en las lesiones intestinales en pollos de engorde desafiados a *Eimeria spp*


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista

Autor:

Alex Wilson Japa Aucay

Director:

Diego Fernando Rodríguez Saldaña

ORCID:  0000-0001-7143-4250

Cuenca, Ecuador

2026-02-25

Resumen

La coccidiosis aviar, causada por protozoarios del género *Eimeria* spp., representa una de principales limitantes sanitarias en la producción de pollos de engorde afectando su salud y desempeño productivo. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos fuentes comerciales de saponinas (Peptasan y FORCIX®) sobre lesiones intestinales macroscópicas y microscópicas. El estudio se realizó bajo un diseño experimental utilizando 304 pollos de engorde de la línea Cobb 500, distribuidos en cuatro tratamientos: T1 (control), T2 (programa anticoccidial convencional), T3 (Peptasan: saponinas) y T4 (FORCIX®). Se evaluaron parámetros clínicos tales como estado de heces, cloaca, calidad de cama, lesiones macroscópicas, análisis morfométrico de vellosidades y criptas, análisis histopatológico y recuento de ooquistes por gramo mediante la técnica McMaster, con un análisis estadístico comparativo (ANOVA). Los resultados indican que el T1 desarrolló una infección subclínica con excreción de ooquistes y empeoramiento progresivo con la edad. Los tratamientos con aditivo redujeron parcialmente la carga parasitaria, siendo el T3 el que mostró la mayor longitud de vellosidades y tendencias a mejores indicadores productivos y mortalidad respecto a T1. T2 y T4 mostraron menor lesión cecal macroscópica en comparación con el control, mientras que T4 se asoció a mayor profundidad criptas. La calidad de cama, la alteración fecal y la pododermatitis aumentaron con el tiempo sin que los aditivos las previnieran completamente. Se concluye que las saponinas ejercen un efecto modulador sobre las lesiones intestinales, representando una alternativa viable para el manejo sostenible de la coccidiosis aviar.

Palabras clave del autor: saponinas, fitobióticos, salud intestinal



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Avian coccidiosis, caused by protozoa of the genus *Eimeria* spp., represents one of the main health constraints in broiler chicken production, affecting their health and productive performance. The objective of this research was to evaluate the effect of two commercial saponin sources (Peptasan and FORCIX®) on macroscopic and microscopic intestinal lesions. The study was conducted using an experimental design with 304 Cobb 500 broiler chickens, distributed into four treatments: T1 (control), T2 (conventional anticoccidial program), T3 (Peptasan: saponins), and T4 (FORCIX®). Clinical parameters such as fecal condition, cloaca, litter quality, macroscopic lesions, morphometric analysis of villi and crypts, histopathological analysis, and oocyst count per gram using the McMaster technique were evaluated, with comparative statistical analysis (ANOVA). The results indicate that T1 developed a subclinical infection with oocyst shedding and progressive worsening with age. Treatments with the additive partially reduced the parasite load, with T3 showing the greatest villus length and trends toward better production indicators and lower mortality compared to T1. T2 and T4 showed less macroscopic cecal lesions compared to the control, while T4 was associated with greater crypt depth. Litter quality, fecal alteration, and pododermatitis increased over time, and the additives did not completely prevent them. It is concluded that saponins exert a modulating effect on intestinal lesions, representing a viable alternative for the sustainable management of avian coccidiosis.

Keywords: saponins, phytobiotics, intestinal health



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Índice de contenido.....	3
Índice de figuras.....	7
Índice de tablas.....	8
Índice de anexos.....	9
Agradecimientos.....	10
Dedicatoria.....	11
1. Introducción.....	12
2. Objetivos.....	1
2.1. Objetivo general.....	1
2.2. Objetivos específicos.....	1
3. Abreviaturas.....	1
4. Revisión de Literatura.....	2
4.1. Introducción a la coccidiosis aviar.....	2
4.1.1. Impacto económico y productivo de la coccidiosis en pollos de engorde.....	2
4.1.2. Principales especies de <i>Eimeria</i> que afectan a las aves.....	2
4.1.3. Mecanismos de patogenicidad y daño intestinal por <i>Eimeria spp.</i>	4
4.2. Estrategias de control convencionales de la coccidiosis en pollos de engorde.....	5
4.2.1. Ionóforos: modo de acción y eficacia.....	5
4.2.2. Químicos sintéticos: modo de acción y resistencia.....	8
4.2.3. Rotación y combinación de anticoccidiales convencionales.....	9
4.3. Alternativas naturales a los anticoccidiales convencionales.....	9
4.3.1. Extractos vegetales y sus principios bioactivos.....	9
4.3.2. Saponinas como moduladores de la microbiota intestinal.....	10
4.3.3. Mecanismos de acción de las saponinas sobre <i>Eimeria spp.</i>	12
4.3.4. Evidencia científica sobre el uso de saponinas en programas anticoccidiales.	
13	
4.4. Potencial de las saponinas en la salud intestinal y desempeño productivo.....	14

4.4.1.	Efecto de las saponinas en la morfología intestinal.....	14
4.4.2.	Modulación de la microbiota intestinal por saponinas	14
4.4.3.	Reducción de procesos inflamatorios y estrés oxidativo	15
4.4.4.	Impacto de las saponinas en los indicadores productivos.....	15
4.5.	Evaluación del índice de lesiones macroscópicas y microscópicas.....	15
4.5.1.	Métodos de puntuación de lesiones por <i>Eimeria</i>	15
4.5.2.	Localización y distribución de lesiones intestinales	16
4.6.	Relación entre integridad intestinal y parámetros productivos	18
4.6.1.	Calidad de la cama y presencia de heces anormales	18
4.6.2.	Estado de la cloaca y lesiones pódales	18
5.	Materiales y Métodos	20
5.1.	Área de estudio.....	20
5.2.	Tratamientos	20
5.2.1.	Variables	21
5.2.2.	Metodología de medición y toma de datos	22
5.2.3.	Diseño experimental y análisis estadístico	24
6.	Resultados y Discusión	26
6.1.	Lesiones microscópicas.....	26
6.1.1.	Morfometría intestinal e índice de inflamación intestinal	26
6.2.	Lesiones macroscópicas	27
6.2.1.	Duodeno, yeyuno, íleon y ciego	27
6.3.	Indicadores de salud intestinal <i>in vivo</i>	29
6.3.1.	Calidad de la cama	29
6.3.2.	Calidad de heces	30
6.3.3.	Presencia de heces en cloaca.....	31
6.3.4.	Lesiones en cojinete plantar	32
6.3.5.	Articulación tibiotarsiana inflamada.....	32
6.4.	Signos clínicos post-infección	33
6.4.1.	Presencia de sangre en heces	33

6.4.2.	Análisis de prevalencia por sección intestinal.....	34
6.4.3.	Recuento de ooquistes por tratamiento	35
6.4.4.	Carga parasitaria individual por ave.....	36
6.4.5.	Análisis del efecto del tratamiento y sección intestinal sobre carga parasitaria 37	
6.4.6.	Efecto del Tratamiento y la sección intestinal sobre la profundidad de la cripta 37	
7.	Conclusiones	39
8.	Recomendaciones.....	40
9.	Referencias.....	41
10.	Anexos	50

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de Fármacos anticoccidiales ionóforos usados en el control de coccidiosis.....	6
Figura 2. Mecanismo de acción saponinas	13
Figura 3. Calidad de la cama Fuente: (nutriNews, 2020)	18
Figura 4. Lesiones podales.....	19
Figura 5. Ubicación Geográfica del plantel avícola de la universidad.	20

Índice de tablas

Tabla 1. Características de las principales especies de <i>Eimeria</i>	3
Tabla 2. Patogenicidad de especies de <i>Eimeria</i>	5
Tabla 3. Clasificación y características de los ionóforos	7
Tabla 4. Clasificación y características de los ionóforos	8
Tabla 5. Propiedades anticoccidiales de extractos vegetales	10
Tabla 6. Fitoquímicos que interfieren en el ciclo de vida de las especies de <i>Eimeria</i>	11
Tabla 7. Fitoquímicos que interfieren en el ciclo de vida de las especies de <i>Eimeria</i>	15
Tabla 8. Localización y distribución de lesiones intestinales por <i>Eimeria</i>	17
Tabla 9: Descripción de los tratamientos.....	21
Tabla 10: Requerimientos nutricionales de pollos de engorde mixtos de desempeño medio.	22
Tabla 11. Morfología intestinal e índice de inflamación (μm) a los 21 y 42 días de edad.....	26
Tabla 12. Lesiones macroscópicas a los 21 y 42 días de edad.....	28
Tabla 13: Calidad de cama	29
Tabla 14: Calidad de heces	30
Tabla 15: Presencia de heces en cloaca.....	31
Tabla 16: Lesiones en cojinete plantar	32
Tabla 17: Presencia de articulación tibiotarsiana inflamada	33
Tabla 18: Presencia de sangre en heces	34
Tabla 19: Prevalencia de casos positivos por sección intestinal	35
Tabla 20: Análisis por tratamiento: efectividad comparativa.....	36
Tabla 21: Aves con mayor carga parasitaria	37
Tabla 22: Profundidad de criptas intestinales (μm) por cada sección de intestino a los 42 días de edad	38

Índice de anexos

Anexo A: Diseño y distribución de las unidades experimentales.....	52
Anexo B: Preparación limpieza y organización de las unidades experimentales.....	55
Anexo C: Recepción de pollitos de 1 día de edad, pesaje, valoración y colocados aleatoriamente en las unidades experimentales.....	56
Anexo D: Vacunación de los pollitos al día correspondiente contra Newcastle y Gumboro.....	57
Anexo E: Observación de las vellosidades intestinales día 21 y 42.	58
Anexo F: Lesiones encontradas macroscópicamente.	60
Anexo G: Registro semanal de valoración de Cama, Heces, Cloaca, Presencia de heces con sangre.	61
Anexo H: Valoración de la Cama, Heces, Estado de la cloaca, Presencia de sangre en Heces.	62
Anexo I: Registro semanal de la Valoración del Cojinete Plantar y Articulación Tibiotarsiana.	65
Anexo J: Valoración del Cojinete Plantar y Articulación Tibiotarsiana.....	65
Anexo K: Vacunación de los pollitos con la vacuna viva no atenuada BIO COCCIVET R... ..	67
Anexo L: Necropsia para la recolección de muestras, contenido intestinal y observación macroscópica.....	68
Anexo M: Materiales para la recolección de muestras.	69
Anexo N: Recolección y transporte de muestras histopatológicas.....	69
Anexo O: Proceso cronológico de desarrollo de las aves.	70
Anexo P: Resultados de los análisis con la cámara McMaster.	71
Anexo Q: Procedimiento y observación de los ooquistes.....	73

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecer a Dios por brindarme la fortaleza y perseverancia necesaria para seguir adelante, por guiarme siempre por el camino correcto y permitirme superar las dificultades, aprendiendo de cada una de ellas hasta llegar a culminar esta importante etapa de mi vida.

También a mi madre y a mis hermanos por su apoyo incondicional, amor y confianza. Gracias por estar presente cada momento, por inundarme de valores, por su motivación, por enseñarme con el ejemplo que la dedicación y esfuerzo se logra cada uno de los sueños.

A mi tutor, Dr. Diego Rodríguez, le expreso mi más sincero agradecimiento por su empatía, respeto, paciencia, así como por compartir su conocimiento y experiencia, brindándome un apoyo incondicional, que fue un pilar fundamental en el desarrollo de este trabajo de investigación. De igual manera, extiendo también mi gratitud a la empresa *Alibalgran Cía Ltda.*, por su importante colaboración y aporte para la realización de este estudio.

De igual manera, expreso mi sincero agradecimiento a los miembros que conforman el jurado de este proyecto, así como a mis profesores y compañeros de carrera, quienes, con sus enseñanzas, experiencias y amistad, contribuyeron de manera significativa en mi formación académica y personal.

A mis amigos, Dennis, Edison, Carla y Lizbeth, por su valiosa amistad, compañía y apoyo incondicional en cada momento. Gracias por permitirme ser parte de sus vidas y su grupo de estudio, en el cual cada uno aportó con su apoyo y dedicación, contribuyendo de manera significativa a mi formación académica y personal, y acompañándome en el camino hacia el cumplimiento de esta meta anhelada.

Dedicatoria

Dedico este logro a mi mamá y mis hermanos José, Maricela y Fernando, quienes han estado presentes en todo este camino de mi formación. Han sido el pilar fundamental de mi desarrollo académico, tanto en la etapa escolar como universitaria, brindándome apoyo, amor y motivación para seguir adelante. Valoro profundamente cada esfuerzo, enseñanzas, consejos y el cariño que me brindan día a día. Mi éxito académico es un reflejo de su dedicación inquebrantable, y este logro es una forma de agradecerles todo lo que han hecho por mí.

Alex Japa A.

1. Introducción

La coccidiosis aviar es una enfermedad parasitaria causada por protozoos del género *Eimeria* spp., que representa una de las principales limitantes en la producción avícola mundial debido a su impacto negativo sobre la salud intestinal y el desempeño productivo de los pollos de engorde (Pal *et al.*, 2024). Esta patología afecta principalmente el tracto digestivo, provocando lesiones específicas en la mucosa intestinal, comprometiendo la absorción y el transporte de nutrientes esenciales, lo que repercute en una reducción de la ganancia diaria de peso y un aumento en el índice de conversión alimenticia (Bedford & Apajalahti, 2022).

La infección por *Eimeria* spp. ocasiona un daño significativo en la mucosa intestinal de los pollos de engorde, caracterizado por la atrofia de vellosidades, hiperplasia de criptas, presencia de cuerpos de inclusión y un marcado proceso inflamatorio, que deterioran la función intestinal (Madlala *et al.*, 2021). A nivel clínico, las aves infectadas pueden presentar signos como sangre en las heces, mala calidad de la cama y lesiones en la piel, lo que afecta su bienestar y desempeño general (Abdisa *et al.*, 2023). En este contexto, las lesiones constituyen un marcador clave del impacto de la enfermedad, siendo la longitud de vellosidades, profundidad de criptas y los índices de inflamación, parámetros fundamentales para evaluar la gravedad de la infección y la capacidad regenerativa del intestino (Mesa *et al.*, 2021). De la misma forma, indicadores *in vivo* como la calidad de la cama, el estado de las heces y la presencia de lesiones en articulaciones y cojinetes plantar reflejan el impacto sistémico de la infección, así como el bienestar y la salud general de los animales, estas variables son muy necesarias para una valoración integral del efecto de tratamientos fitobióticos (El-Shall *et al.*, 2021).

El uso de fitobióticos, se ha consolidado como una alternativa natural para el control de enfermedades parasitarias en la producción animal (Rodríguez *et al.*, 2019). Las saponinas, presentes en diversas fuentes comerciales como FORCIX® PY LS y Peptasan, ejercen un efecto anticoccidial mediante la interacción con los esteroides de la membrana celular de *Eimeria* spp., lo que incrementa la permeabilidad celular y conduce a la lisis del parásito (Bharti *et al.*, 2025). Además, estas moléculas contribuyen a la regulación del microbiota intestinal y potencian la respuesta inmunitaria del hospedador, aspectos esenciales para la recuperación intestinal y el bienestar animal (Sol & Horta, 2024). Debido a la creciente resistencia de las Eimerias a los anticoccidiales tradicionales, la aplicación de fitobióticos se considera una estrategia relevante y necesaria para promover sistemas productivos más sostenibles y saludables (Bharti *et al.*, 2025).

En los últimos años, la literatura científica ha evidenciado un interés creciente en el desarrollo y evaluación de fitobióticos como herramientas para el control de la coccidiosis en la avicultura

(Galamatis *et al.*, 2025). Sin embargo, persiste la necesidad de estudios comparativos entre diferentes fuentes comerciales de saponinas para determinar su eficacia específica sobre las lesiones intestinales y los indicadores clínicos. La investigación de Sánchez *et al.* (2019), al utilizar diferentes dosis de Peptasan, los resultados demostraron una mejora significativa en el desempeño productivo, una reducción de la mortalidad y una disminución en la cantidad de ooquistes en las heces, lo que indica un control efectivo de la infección.

Este trabajo tiene como finalidad evaluar de forma integral el impacto de dos fuentes comerciales de saponinas en la salud intestinal de pollos de engorde infectados con *Eimeria* spp. mediante un modelo experimental que combina la evaluación de lesiones macroscópicas y microscópicas en pollos de engorde, y llegar a determinar la efectividad real de estos fitobióticos para mitigar el daño intestinal y mejorar el bienestar animal. La aplicación práctica de este estudio radica en ofrecer a la industria avícola una alternativa sostenible para el control de la coccidiosis, reduciendo la dependencia de medicamentos convencionales y favoreciendo la producción responsable y rentable.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos fuentes comerciales de saponinas (FORCIX® PY LS y Peptasan) sobre las lesiones intestinales macroscópicas y microscópicas en pollos de engorde desafiados a *Eimeria ssp.*

2.2. Objetivos específicos

- **OE1:** Evaluar los indicadores de salud intestinal aplicando un sistema de puntuación en base a lesiones macroscópicas y microscópicas, calidad de cama, estado de las heces, estado de cloaca, inflamación de la articulación tibiotarsiana y lesiones del cojinete plantar.
- **OE2:** Describir las diferencias microscópicas mediante análisis histopatologías de muestras de intestino delgado y ciego.

3. Abreviaturas

ANOVA: Análisis de varianza.

CV: Coeficiente de variación.

DGC: Prueba DGC (comparaciones múltiples).

EE: Error estándar.

g/TM: gramos por tonelada métrica.

H-E: Hematoxilina-eosina.

HTSi: Índice HTSi (escala de valoración).

McMaster: Cámara McMaster (recuento de ooquistes).

µm: Micrómetro.

OPG: Ooquistes por gramo.

T1: Tratamiento 1, control negativo.

T2: Tratamiento 2, control positivo (nicarbazina (0-21 días) /lasalocid (22 días en adelante).

T3: Fuente 1 de saponinas, Peptasan.

T4: Fuente 2 de saponinas, FORCIX® PY LS.

4. Revisión de Literatura

4.1. Introducción a la coccidiosis aviar

4.1.1. Impacto económico y productivo de la coccidiosis en pollos de engorde

La coccidiosis es una enfermedad avícola generalizada causada por parásitos protozoarios intracelulares llamados *Eimeria* spp. Estos parásitos afectan el tracto intestinal de las aves, lo que puede provocar una disminución de la producción y la productividad, actualmente es considerada una de las enfermedades más importantes que afectan a la industria avícola en todo el mundo (Adjei & Atuahene, 2023).

Se calcula que las pérdidas económicas anuales mundiales ascienden a más de 3 mil millones de dólares, si se toman en cuenta los gastos en prevención química, medicamentos y la reducción en la productividad de las aves (Sobue *et al.*, 2025). Un estudio específico en Brasil reveló que cada brote de coccidiosis en una granja de pollos de engorde puede resultar en pérdidas de alrededor de 3.162 euros, impactando negativamente tanto la eficiencia alimenticia como la mortalidad (Györke *et al.*, 2023).

Un estudio reciente realizado en Irán investigó el impacto económico de la coccidiosis en granjas avícolas de la provincia de Gilan. Los resultados del estudio mostraron que las pérdidas promedio por coccidiosis en una granja de engorde con 50.000 pollos y en una granja de reproductoras con 30.000 aves fueron de 225 y 333 millones de Riales, respectivamente. Las principales causas de pérdidas en las granjas de engorde fueron la mortalidad, la reducción de la ganancia de peso y el aumento del índice de conversión alimenticia (Ahmadpanah *et al.*, 2022).

La industria avícola en Ecuador se caracteriza por una diversidad de sistemas productivos, que abarcan desde métodos tradicionales hasta tecnologías avanzadas. Según datos de la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE), la producción avícola ecuatoriana en 2025 alcanzó los 299 millones de pollos de engorde y, en 2024, 14 millones de gallinas de postura (CONAVE, 2025).

A pesar de la falta de registros oficiales sobre la prevalencia de coccidiosis en aves de corral en Ecuador, existen estudios que evidencian su presencia en granjas comerciales (Pomboza *et al.*, 2018). Un estudio realizado en la provincia de Pichincha reveló la presencia de coccidios en el 100% de las granjas comerciales evaluadas (Garcés *et al.*, 2018). Adicionalmente, se detectaron lesiones de coccidiosis en el 5% de las aves en un matadero, incluso en las Islas Galápagos, se identificaron pollos de engorde con lesiones causadas por *Eimeria acervulina* y *Eimeria tenella* (Whitehead *et al.*, 2018).

4.1.2. Principales especies de *Eimeria* que afectan a las aves

En la industria avícola, se reconocen siete especies principales de *Eimeria*. De estas *E. brunetti*, *E. acervulina*, *E. necatrix*, *E. tenella* y *E. máxima*, son consideradas las más patógenas, ya que causan cuadros clínicos evidentes en las aves. Por otro lado, *E. mitis* y *E. praecox* son generalmente consideradas especies benignas, ya que su infección no produce síntomas clínicos visibles. Sin embargo, es importante destacar que, aunque no causen una enfermedad clínica aparente, la infección por estas dos últimas especies puede tener un impacto negativo en los índices productivos de las aves, como una disminución en la ganancia de peso o en la producción de huevos (López, 2022).

El género *Eimeria* comprende parásitos microscópicos que no pueden observarse a simple vista. Sus ooquistes, de forma esférica u ovalada, se presentan en dos estados: esporulados y no esporulados. Durante su fase intracelular, estos parásitos se nutren mediante la endocitosis de componentes del citoplasma de las células epiteliales del intestino de su huésped (Del Cacho *et al.*, 2002).

La estructura del ooquiste incluye dos membranas: una externa compuesta por ácidos grasos y fosfolípidos, y una interna formada por proteínas y glicoproteínas. Además, posee un micropilo, una abertura que facilita la liberación de los esporozoítos. El citoplasma del ooquiste, visible al microscopio, contiene gránulos y, tras la esporulación (un proceso que dura entre 48 y 72 horas), alberga cuatro esporoquistes, cada uno con dos esporozoítos (Rodríguez, 2016; McDougald & Fitz-Coy, 2008).

Cada especie de *Eimeria* se distingue por características morfológicas y biológicas únicas, como su ubicación en el intestino del huésped, el tipo de lesiones que causa, el tamaño de los ooquistes, el número de esquizogonias y su capacidad de producción y eliminación de ooquistes (Tabla 1). Entre las especies más patógenas se encuentran *E. tenella* y *E. necatrix* (Del Cacho Malo, 2013).

Tabla 1. Características de las principales especies de *Eimeria*

Especie	Localización en el huésped	Forma del ooquiste	Tamaño del ooquiste (µm)	Prepatencia (horas)	Esporulación mínima (horas)
<i>E. acervulina</i>	Duodeno	Pequeño, ovalado, pared delgada y lisa	19,5 x 14,3 (17,7-20,2 x 13,7-16,3)	97	17
<i>E. máxima</i>	Yeyuno	Grande, ovalado, pared amarillenta y rugosa	30,5 x 20,7 (21,5-42,5 x 16,5-29,8)	121	30

<i>E. brunetti</i>	Íleon, recto y cloaca	Mediano-grande, ovalado, pared lisa	24,6 x 18,8 (20,7-30,3 x 18,1-24,2)	120	18
<i>E. tenella</i>	Ciegos	Mediano, ovalado, pared lisa	22 x 19 (19,5-26 x 16,5-22,8)	115	18
<i>E. necatrix</i>	Intestino delgado y ciegos	Mediano, ovalado, pared incolora y lisa	22 x 19 (19,5-26 x 16,5-22,8)	115	18
<i>E. mitis</i>	Íleon y ciegos	Pequeño, subesférico	15,6 x 14,2 (11,7-18,7 x 11-18)	93	15
<i>E. praecox</i>	Duodeno y yeyuno	Mediano, ovalado	21,3 x 17,1 (19,8-24,7 x 15,7-19,8)	83	12

Fuente: Adaptada de López, (2022)

4.1.3. Mecanismos de patogenicidad y daño intestinal por *Eimeria* spp.

La coccidiosis no se presenta de la misma manera en todas las aves. La gravedad de la infección y los síntomas que se observan dependen de varios factores interrelacionados. La especie de *Eimeria* que causa la infección, la cantidad de parásitos presentes, la forma en que el ave y el parásito interactúan, y las condiciones del entorno donde se crían las aves juegan un papel crucial en el desarrollo y la severidad de la enfermedad (Mesa *et al.*, 2021b).

Las especies de *Eimeria* varían en su capacidad para causar enfermedades, desde efectos moderados hasta severos, algunas especies pueden provocar deshidratación y problemas en la absorción de nutrientes, como *E. acervulina* y *E. mitis*. Otras, como *E. brunetti* y *E. maxima*, pueden causar inflamación intestinal, pequeñas hemorragias y daño en el tejido. En los casos más graves, especies como *E. necatrix* y *E. tenella* pueden destruir completamente las vellosidades intestinales, lo que puede llevar a hemorragias severas e incluso la muerte. Es importante destacar que cada especie de *Eimeria* produce síntomas específicos y distintos (Cevallos, 2024), tal como se detalla en la Tabla 2, detallando patogenicidad de la misma.

Tabla 2. Patogenicidad de especies de *Eimeria*

Especie	Sitio de desarrollo	Patogenicidad	Número de esquizogonias
<i>E. praecox</i>	Duodeno, Yeyuno	+	2
<i>E. acervulina</i>	Duodeno, Yeyuno	++	4
<i>E. mitis</i>	Ileón	+	4
<i>E. maxima</i>	Yeyuno, Ileón	++	2 o más
<i>E. brunetti</i>	Ciego y Recto	+++	3
<i>E. tenella</i>	Ciego	+++	3
<i>E. necatrix</i>	Yeyuno, Ileón, Ciego	+++	3

Nota: +: Baja patogenicidad, ++: Patogenicidad moderada, +++: Alta patogenicidad

Fuente: Mesa *et al.*, (2021b)

4.2. Estrategias de control convencionales de la coccidiosis en pollos de engorde

4.2.1. Ionóforos: modo de acción y eficacia

Los ionóforos son compuestos utilizados como anticoccidiales en la producción avícola, generados mediante la fermentación de bacterias de los géneros *Streptomyces* o *Actinomadura*, funcionan desequilibrando la distribución de iones a través de la barrera protectora que rodea la célula del parásito (Noack *et al.*, 2019). Entre los más conocidos se encuentran monensina, salinomycin, narasin, maduramicina, semduramicina y lasalocid (Figura 1).

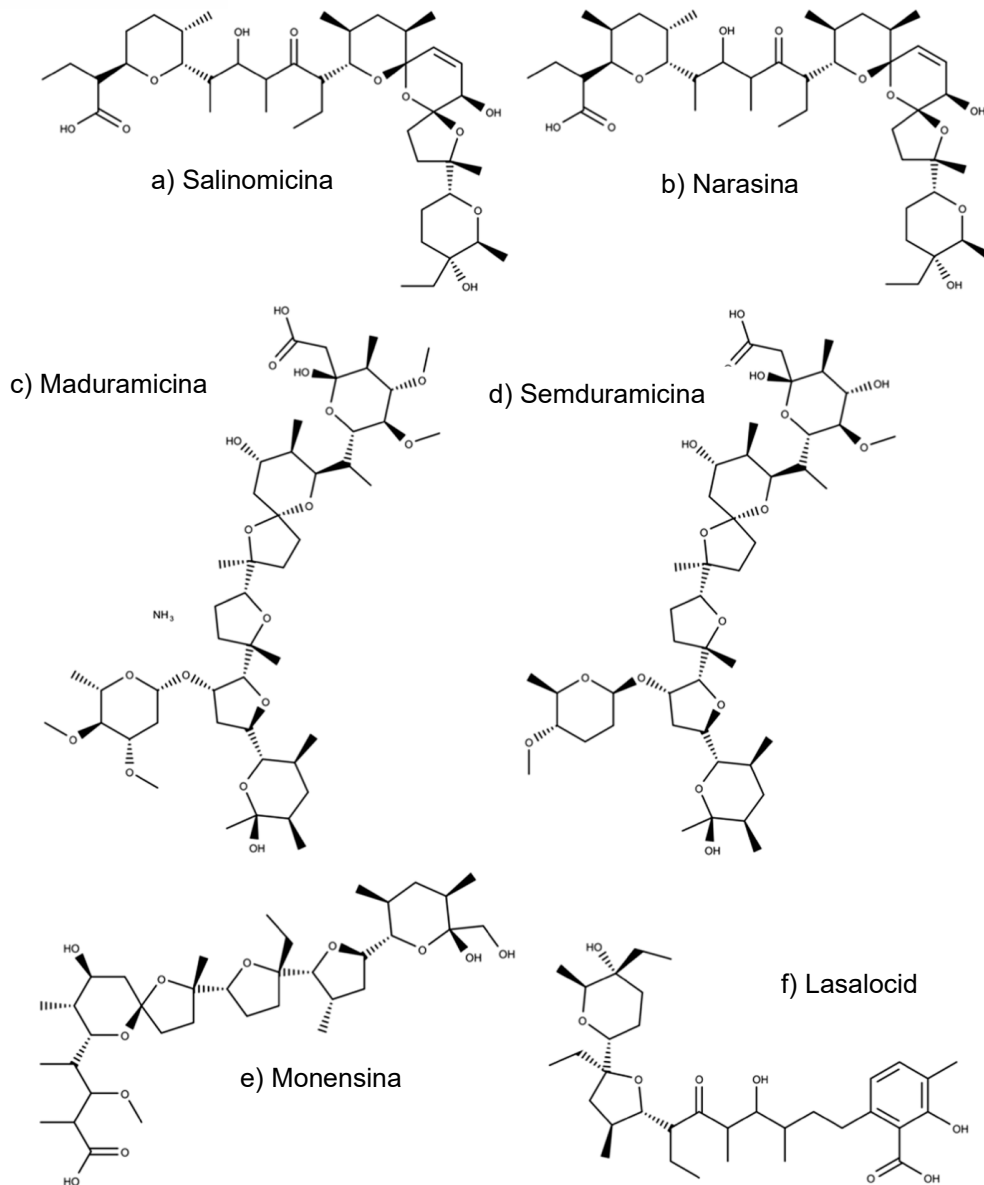


Figura 1. Estructura de Fármacos anticoccidiales ionóforos usados en el control de coccidiosis

Fuente: Noack *et al.*, (2019)

En la tabla 3, se describe algunos ionóforos, con su información sobre el mecanismo de acción, origen y toxicidad.

Tabla 3. Clasificación y características de los ionóforos

Ionóforo	Familia	Origen	Espectro de actividad	Mecanismo de acción	Toxicidad
Monensina	Monovalente	<i>Streptomyces cinnamonensis</i>	<i>Eimeria</i> , bacterias grampositivas	Forma complejos liposolubles con sodio y potasio, aumentando la permeabilidad de la membrana. electrogénica y electroneutral	Alta en caballos
Salinomicina	Monovalente	<i>Streptomyces albus</i>	<i>Eimeria</i> , bacterias grampositivas, hongos filamentosos	Selectivo para iones alcalinos, altera el potencial transmembrana	Baja
Narasin	Monovalente	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	<i>Eimeria</i>	Derivado de la salinomicina, actúa sinérgicamente con nicarbazina	Toxicidad en cerdos y conejos
Maduramicina	Monovalente glucosídico	<i>Actinomadura yumaensis</i>	<i>Eimeria</i>	Forma complejos con iones monovalentes y divalentes	Alta toxicidad en animales y humanos
Semduramicina	Monovalente glucosídico	<i>Actinomadura roserufa</i>	<i>Eimeria</i>	Alta eficacia y buena tolerancia en pollos	Baja
Lasalocid	Divalente	<i>Streptomyces lasaliensis</i>	<i>Eimeria</i>	Favorece la conversión alimenticia y el aumento de peso en aves.	Baja, pero alta en perro

Fuente: Noack *et al.*, (2019)

4.2.2. Químicos sintéticos: modo de acción y resistencia

Los anticoccidiales sintéticos son una categoría clave de agentes utilizados en el control de la coccidiosis, una enfermedad parasitaria causada por protozoarios del género *Eimeria*. Basados en su estructura química, estos compuestos incluyen quinolonas, piridonas, alcaloides, guanidinas, análogos de tiamina y derivados de triazina (Tuck *et al.*, 2016). Cada uno de estos grupos presenta un mecanismo de acción específico que afecta diversas etapas del ciclo de vida del parásito, ya sea mediante la inhibición de la respiración mitocondrial, la interrupción de la síntesis de ácido fólico, la competencia con la absorción de tiamina o la alteración de otros procesos metabólicos esenciales (H. Peek *et al.*, 2019). Sin embargo, el desarrollo de resistencia ha llevado a una disminución en el uso de algunos anticoccidiales sintéticos y ha impulsado la búsqueda de estrategias alternativas.

En la tabla 4 se presentan los principales anticoccidiales químicos, su estructura química y su modo de acción.

Tabla 4. Clasificación y características de los ionóforos

Grupo Químico	Compuesto	Mecanismo de Acción	Observaciones
Quinolonas	Decoquinato, Nequinato	Inhibición de la respiración mitocondrial bloqueando el transporte de electrones en el citocromo b	Uso reducido por rápida aparición de resistencia
Piridonas	Clopidol	Inhibición de la producción de energía mitocondrial en esporozoitos y trofozoitos	Se usa en combinación con quinolonas
Derivados de Triazina	Toltrazuril	Inhibición de la biosíntesis de pirimidinas y alteración de organelos celulares	Actúa en estadios intracelulares
Análogos de ácido fólico	Sulfonamidas, Diaveridina	Inhibición de la síntesis de ácido fólico mediante la competencia con PABA	Rara vez usadas en avicultura por residuos en carne
Análogos de Tiamina	Amprolio	Bloqueo de la absorción de tiamina en esquizontes	Usado principalmente en tratamientos en agua
Otros	Nicarbazina	Afecta la membrana celular del parásito, alterando la transferencia de iones	Primer anticoccidial de amplio espectro

Fuente: Noack *et al.*, (2019)

4.2.3. Rotación y combinación de anticoccidiales convencionales

Existen tratamientos que combinan diferentes tipos de medicamentos para combatir la coccidiosis. De acuerdo con Noack *et al.* (2019), estos tratamientos pueden incluir:

Combinaciones de compuestos sintéticos e ionóforos: Un ejemplo es el Maxiban®, de Elanco, que mezcla nicarbazina (un compuesto sintético) con narasina (un ionóforo).

Combinaciones de dos compuestos sintéticos: El producto comercial Lerbek®, de Impextraco NV, es un ejemplo de esto, combinando clopidol y benzoquato de metilo.

Además, medicamentos que contienen arsénico, como la roxarsona (tienen cierta capacidad para combatir la coccidiosis), el ácido arsánico y la carbarsina, ya no se usan en muchos países desde 2015. Esta decisión se tomó debido a estudios científicos que demostraron que el arsénico orgánico presente en estos medicamentos podía transformarse en una forma inorgánica, que es mucho más tóxica. Por otro lado, Javanmiri *et al.* (2024), evaluaron la eficacia de un fármaco anticoccidial comercial, Coxidine 100, en la prevención y control de la coccidiosis en pollos de engorde, obtuvo resultados positivos en reducir la excreción de ooquistes y mejorar la ganancia de peso en comparación con el grupo de control positivo, que no recibió tratamiento.

Zavala *et al.* (2018), estudiaron la combinación anticoccidial de salinomicina y nicarbazina, administrada en el alimento a una dosis de 40 ppm, en pollos de engorde desafiados experimentalmente con cepas locales de coccidios. Los resultados demostraron que esta combinación fue efectiva en el control de la coccidiosis, ya que los grupos tratados mostraron mejoras significativas en parámetros productivos clave en comparación con el grupo desafiado y no tratado, además, observaron aumentos significativos en el peso corporal, la ganancia de peso acumulada y el índice de eficiencia productiva europea en los grupos tratados, junto con una mejor conversión alimenticia.

4.3. Alternativas naturales a los anticoccidiales convencionales

4.3.1. Extractos vegetales y sus principios bioactivos

Existen alrededor de 300.000 especies, las cuales ofrece un potencial inmenso para combatir enfermedades causadas por protozoos, sin embargo, el conocimiento y aprovechamiento de este recurso es limitado, ya que menos del 1% de estas plantas han sido investigadas para tal fin (Plaatjie *et al.*, 2023). En la tabla 5, se enlista algunas plantas con propiedades anticoccidiales prometedoras, pero cuyos mecanismos de acción y los compuestos responsables de su actividad aún no se comprenden completamente. Entre ellas se encuentran especies como la *Sophora flavescens*, el *Piper nigrum* y varias especies de

Moringa. Las Tablas 6 proporciona información detallada sobre los fitocompuestos activos y modos de acción en otras plantas que también han mostrado actividad anticoccidial.

4.3.2. Saponinas como moduladores de la microbiota intestinal

Las saponinas son un conjunto diverso de sustancias químicas que las plantas producen, tienen una característica interesante, ya que pueden disolverse tanto en agua como en grasa, esta doble capacidad les da propiedades similares a las del jabón, lo que les permite tener diversos efectos biológicos (Bafundo, Männer, *et al.*, 2021). Las investigaciones han demostrado que las saponinas ayudan a las plantas a defenderse, cuando están presentes, las plantas son menos susceptibles a ser atacadas por insectos o infectadas por enfermedades (Timilsena *et al.*, 2023). Debido a estas propiedades protectoras, presentadas en la tabla 5, las saponinas han sido objeto de mucho estudio en los últimos cincuenta años. Los científicos ven un gran potencial en usarlas como medicamentos para combatir bacterias, virus y parásitos, tanto en humanos como en animales.

Tabla 5. Propiedades anticoccidiales de extractos vegetales

Especie vegetal	Método	Especie de <i>Eimeria</i>	Parámetro medido
<i>P. nigrum</i> y <i>U. dioica</i>	Extracto etanólico	Especies mixtas	↓ OC
<i>A. sieberi</i>	Extracto con éter de petróleo	<i>E. tenella</i>	↓ OC, ↓ BD, ↓ LS, ↓ M
<i>L. sativum</i>	Extracto etanólico	<i>E. tenella</i>	↓ OC, ↓ LS, ↓ M, ↑ WG
<i>C. swynnertonii</i>	Extracto etanólico resinoso	Ooquistes	↓ OC, ↓ M, ↑ WG
<i>M. oleifera</i>	Extracto de hojas con acetona	Especies mixtas	↑ WG, ↓ OC
<i>T. violacea</i>	Extracto con acetona	<i>E. tenella</i>	↓ OC, ↓ LS, ↑ FC
<i>V. vinifera</i>	Extracto con acetona	<i>E. tenella</i>	↓ OC, ↓ LS, ↑ FC
<i>A. afra</i>	Extracto con acetona	<i>E. tenella</i>	↓ OC, ↓ LS, ↑ FC
<i>M. paradisiaca</i>	Extracto metanólico	<i>E. tenella</i>	↓ OC, ↑ PCV

Nota: **OC:** Recuento de ooquistes; **BD:** Diarrea sanguinolenta; **LS:** Puntuación de lesiones; **M:** Mortalidad; **WG:** Aumento de peso corporal; **PCV:** Volumen celular empaquetado; **FC:** Consumo de alimento; ↑: Mejora/Aumento; ↓: Disminución.

Fuente: Muthamilselvan *et al.*, (2019)

Ejercen un efecto anticoccidial al unirse a los fosfolípidos de la membrana de los coccidios, impidiendo su ingreso a las células del epitelio intestinal del huésped. Este complejo saponina-fosfolípido precipita al parásito, facilitando su eliminación a través de las heces. Sin embargo, la eficacia de las saponinas varía entre especies de coccidios; por ejemplo, *E.*

acervulina muestra menor susceptibilidad debido a su rápida entrada en la mucosa intestinal, lo que limita la capacidad de las saponinas para formar el complejo inhibidor (Rodríguez *et al.*, 2019).

Además, las saponinas ofrecen múltiples beneficios para las aves, mejorando la eficiencia alimenticia y el crecimiento al aumentar la absorción de nutrientes y reducir la excreción de amoníaco. Además, regulan el colesterol, mejorando la calidad de la carne, y actúan como antioxidantes, protegiendo contra el daño celular. También fortalecen el sistema inmunológico, incrementando la resistencia a enfermedades. En gallinas ponedoras, aumentan la producción y calidad de los huevos, reduciendo el colesterol y triglicéridos (Chaudhary *et al.*, 2018).

En la tabla 6, se presenta los fotoquímicos que intervienen en el ciclo de vida de las especies de *Eimeria*, tanto en que planta actúa, compuesto y mecanismo.

Tabla 6. Fitoquímicos que interfieren en el ciclo de vida de las especies de *Eimeria*.

Compuesto	Planta	Mecanismo	Especies de <i>Eimeria</i>
Artemisinina	<i>A. annua</i>	Inhibición de la formación de la pared del ooquiste y esporulación mediante estrés oxidativo	<i>E. tenella</i> , <i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i>
Tanino	<i>P. radiata</i>	Inhibición de la esporulación	<i>E. tenella</i> , <i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i>
Alicina	<i>A. sativum</i>	Inhibición de esporozoitos	<i>E. tenella</i>
Poliacetileno	<i>B. pilosa</i>	Inhibición de esporozoitos; modulación inmune	<i>E. tenella</i>
Berberina	<i>A. lyceum</i>	Inhibición de esporozoitos mediante estrés oxidativo	<i>E. tenella</i>
Ácidos grasos N-3	<i>L. usitatissimum</i>	Estrés oxidativo	<i>E. tenella</i>
Flavonoide	<i>A. conyzoides</i>	Estrés oxidativo	<i>E. tenella</i>
Vernósido	<i>V. amygdalina</i>	Estrés oxidativo	<i>E. tenella</i>
Papaína	<i>C. papaya</i>	Digestión de esporozoitos en el ciego	<i>E. tenella</i>
Betaína	<i>O. vulgare</i>	Estabilización de la estructura y función intestinal	<i>E. tenella</i> , <i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i>
Aceite esencial (carvacrol, timol y terpinene-γ)	<i>O. compactum</i>	Destrucción de esporozoitos	<i>Eimeria</i> spp.
Aceite esencial (β-tuyona, 1,8-cineol y p-cimeno)	<i>A. absinthium</i>	Prevención del desarrollo de ooquistes	<i>Eimeria</i> spp.
Aceite esencial (cineol, α-pineno y acetato de bornilo)	<i>R. officinalis</i>	Antioxidante y destrucción de ooquistes	Ooquistes de <i>Eimeria</i>
Saponina	<i>M. cordifolia</i> , <i>M. citrifolia</i> , <i>M. arboreus</i> , <i>C. tetragonoloba</i>	Destrucción de ooquistes y parásitos	<i>E. tenella</i>

Aceite esencial (eugenol y acetato de eugenilo)	<i>S. aromaticum</i>	Destrucción de ooquistes	<i>E. tenella</i>
Aceite esencial (terpinen-4-ol y terpinene-γ)	<i>M. alternifolia</i>	Destrucción de ooquistes	Ooquistes de <i>Eimeria</i>
Aceite esencial (limoneno y linalool)	<i>C. sinensis</i>	Destrucción de ooquistes	Ooquistes de <i>Eimeria</i>
Aceite esencial (timol y p-cimeno)	<i>T. vulgaris</i>	Destrucción de ooquistes	Ooquistes de <i>Eimeria</i>
Curcumina (diferuloilmetano)	<i>C. longa</i>	Inhibición de esporozoitos; modulación inmune	<i>E. tenella</i> , <i>E. maxima</i>
Ácido maslínico	<i>O. europaea</i>	?	<i>E. tenella</i>
Proantocianidina	Semilla de uva	Antioxidante	<i>E. tenella</i>
Selenio	<i>C. sinensis</i>	Inhibición de la esporulación	<i>E. tenella</i> , <i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i>
Febrifugina	<i>D. febrifuga</i>	Inhibición de la multiplicación	<i>E. tenella</i>

Nota: ? = desconocido.

Fuente: Muthamilselvan *et al.*, (2019)

4.3.3. Mecanismos de acción de las saponinas sobre *Eimeria* spp.

En la figura 2, la imagen ilustra el mecanismo de acción de compuestos herbales, que incluyen saponinas, en el control de la coccidiosis en pollos. Estos compuestos interactúan con la membrana del coccidio *Eimeria* spp. en el lumen intestinal, impidiendo su invasión a las células epiteliales (enterocitos). Además, estimulan la respuesta inmune del huésped, activando células T y macrófagos para eliminar el parásito. Este proceso reduce la liberación de esporozoitos y limita la propagación de la infección, demostrando el potencial de las saponinas como una alternativa natural a los anticoccidiales químicos (El-Shall *et al.*, 2022).

Adicionalmente, la acción de las saponinas a nivel intestinal contribuye a la protección de la integridad de la mucosa, ya que al disminuir la invasión parasitaria se reduce el daño estructural en las vellosidades y criptas intestinales, esto favorece una mejor absorción de nutrientes y una recuperación más rápida del epitelio intestinal, lo que se refleja en un mejor desempeño productivo de las aves (El-Shall *et al.*, 2022).

De acuerdo con Wina (2018), las saponinas atacan el parásito *Eimeria* spp a través de su punto débil, el micropilo del ooquiste, en lugar de romper directamente su resistente pared lipídica. Al penetrar por esta abertura, las saponinas alteran el esporoquiste, interrumpiendo el ciclo de vida del parásito desde el interior.

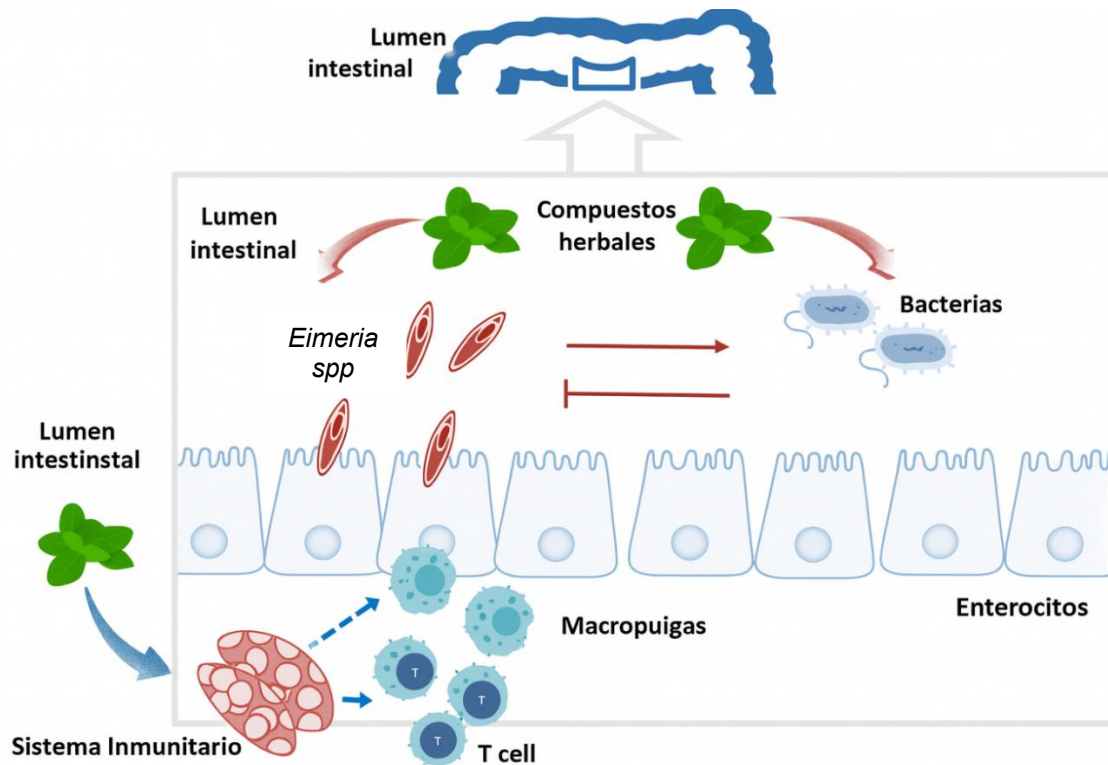


Figura 2. Mecanismo de acción saponinas

Fuente: El-Shall *et al.*, (2022).

4.3.4. Evidencia científica sobre el uso de saponinas en programas anticoccidiales.

El estudio de Oelschlager *et al.* (2019), evaluó el efecto de saponinas de *Yucca schidigera* en la respuesta inmune de pollos desafiados con coccidiosis. Al suplementar la dieta con 250 mg/kg y 500 mg/kg de saponinas, se observó una reducción en el conteo de ooquistes de *Eimeria*, aunque sin diferencias significativas respecto al grupo desafiado sin saponinas. Sin embargo, las saponinas incrementaron el porcentaje de linfocitos y modificaron la morfología intestinal, teniendo un efecto inmunomodulador. Estos hallazgos respaldan el uso potencial de saponinas como aditivo en programas anticoccidiales, al influir en la respuesta inmune y la estructura intestinal de las aves.

El estudio de Bafundo *et al.* (2021), investigó el efecto de saponinas de *Quillaja saponaria* y *Yucca schidigera* en la producción de ooquistes de *Eimeria spp.*, la inmunidad y el rendimiento de pollos de engorde vacunados. Los resultados mostraron que la adición de 250 ppm de saponinas redujo la excreción de ooquistes en algunos casos, especialmente en los primeros días post-vacunación, y mejoró la conversión alimenticia. Sin embargo, el efecto varió según la vacuna utilizada y no hubo diferencias significativas en la puntuación de lesiones. Un análisis de múltiples ensayos reveló que las saponinas potenciaron el rendimiento productivo

y redujeron la mortalidad en aves vacunadas contra la coccidiosis, sugiriendo un efecto sinérgico entre las saponinas y las vacunas vivas.

En un estudio de Rodríguez *et al.*, (2019) se evaluó el efecto anticoccidial de saponinas comerciales derivadas de *Yucca schidigera* y *Trigonella foenum-graecum* en pollos de engorde. Se comparó un grupo alimentado con saponinas con un grupo que recibió anticoccidiales químicos y un grupo control sin tratamiento. Los resultados mostraron que las saponinas redujeron significativamente el recuento de ooquistes de *Eimeria spp.*, disminuyeron las lesiones intestinales y mejoraron los parámetros productivos, de manera similar a los anticoccidiales químicos. Esto sugiere que las saponinas naturales pueden ser una alternativa eficaz para controlar la coccidiosis en aves, ofreciendo beneficios comparables a los tratamientos químicos tradicionales.

4.4. Potencial de las saponinas en la salud intestinal y desempeño productivo

4.4.1. Efecto de las saponinas en la morfología intestinal

La integridad de la mucosa intestinal es crucial para la absorción eficiente de nutrientes y la protección contra patógenos. Se ha demostrado que las saponinas pueden influir positivamente en la morfología intestinal al aumentar la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, este efecto mejora la superficie de absorción intestinal y la función de barrera, lo que se traduce en una mejor utilización de los nutrientes y una mayor resistencia a las enfermedades (Youssef *et al.*, 2021).

Góngora *et al.* (2023), indica que el incremento en la altura de las vellosidades está directamente relacionado con una mayor capacidad absorbente del intestino, mientras que una profundidad adecuada de las criptas refleja una mayor tasa de renovación celular del epitelio intestinal, esto favorece la regeneración de tejido intestinal dañado por agentes patógenos, contribuyendo a la recuperación estructural del intestino y a la reducción de lesiones histopatológicas.

4.4.2. Modulación de la microbiota intestinal por saponinas

La microbiota intestinal juega un papel fundamental en la salud y el desempeño de los animales. Las saponinas pueden actuar como probióticos, favoreciendo el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, y reduciendo la proliferación de patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella*, este equilibrio en la microbiota intestinal mejora la fermentación de nutrientes, la producción de ácidos grasos de cadena corta y la modulación del sistema inmunológico (Omolere & Alagbe, 2020).

La acción moduladora de las saponinas sobre la microbiota se asocia a su capacidad para alterar el ambiente luminal, limitando el crecimiento de bacterias patógenas y promoviendo

poblaciones microbianas beneficiosas, este balanceo microbiano favorece la estabilidad del ecosistema intestinal y reduce la competencia por nutrientes entre el hospedador y los microorganismos perjudiciales (Youssef *et al.*, 2021).

4.4.3. Reducción de procesos inflamatorios y estrés oxidativo

La inflamación crónica y el estrés oxidativo pueden comprometer la salud intestinal y el desempeño productivo. Las saponinas poseen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, lo que les permite reducir la producción de citoquinas proinflamatorias y especies reactivas de oxígeno (ROS), esta acción protege la mucosa intestinal del daño y mejora la respuesta inmunológica de los animales (Yatoo *et al.*, 2018).

Además, el efecto antioxidante de las saponinas ayuda a preservar la integridad celular, favoreciendo la recuperación del epitelio intestinal y reduciendo el impacto negativo del estrés oxidativo asociado a procesos infecciosos, lo que resulta clave para mantener la homeostasis intestinal y apoyar la eficiencia del sistema inmune (Youssef *et al.*, 2021).

4.4.4. Impacto de las saponinas en los indicadores productivos

Los efectos beneficiosos de las saponinas en la salud intestinal se traducen en mejoras en los indicadores productivos. Estudios han demostrado que la suplementación con saponinas puede aumentar la ganancia de peso, mejorar la eficiencia alimenticia y reducir la mortalidad en animales de producción, estos resultados sugieren que las saponinas pueden ser una herramienta valiosa para optimizar el desempeño productivo de manera sostenible (Bafundo, *et al.*, 2021).

4.5. Evaluación del índice de lesiones macroscópicas y microscópicas

4.5.1. Métodos de puntuación de lesiones por *Eimeria*

Para identificar y seguir la evolución de la infección por *Eimeria*, se utilizan métodos que evalúan el daño intestinal y cuantifican la presencia de ooquistes. En la tabla 7, la técnica de Johnson & Reid es una de las más empleadas para determinar la gravedad de las lesiones causadas por las diversas especies de este parásito.

Tabla 7. Fitoquímicos que interfieren en el ciclo de vida de las especies de *Eimeria*.

Método	Descripción	Escala de Puntuación
Johnson & Reid	Técnica estándar para evaluar la gravedad de las lesiones de coccidiosis. Se asigna una puntuación de 0 a 4 en función de la severidad de las lesiones.	0 = Normal, sin lesiones 1 = Lesiones leves 2 = Lesiones moderadas 3 = Lesiones severas 4 = Lesiones extremas
Recuento de ooquistes	Método basado en la cantidad de ooquistes presentes en las	< 10,000 = No significativo 10,000 – 50,000 = Bajo

	heces de las aves. Se utiliza para confirmar la presencia de <i>Eimeria</i> y evaluar la carga parasitaria.	50,000 – 100,000 = Moderado > 100,000 = Alto
Observación macroscópica	Evaluación visual de lesiones intestinales características de <i>Eimeria</i> en diferentes segmentos del tracto digestivo. Se complementa con microscopía para identificación definitiva.	Sin escala numérica, depende de la localización y extensión de las lesiones.
Histopatología	Examen microscópico de tejidos intestinales para identificar estructuras parasitarias y evaluar daño tisular. Se usa en combinación con otros métodos.	No aplica escala numérica

Fuente: Elanco, (2019)

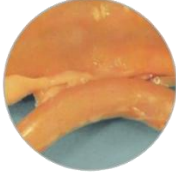

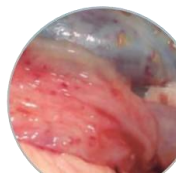

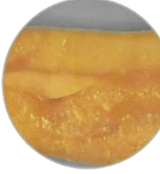
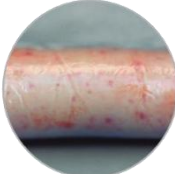


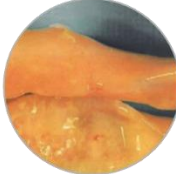
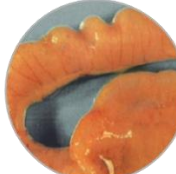






4.5.2. Localización y distribución de lesiones intestinales

La distribución de las lesiones es clave para su diagnóstico y diferenciación. En la tabla 8, se presenta un resumen de la localización y patrón de distribución de las lesiones causadas por cada especie.

La presencia de heces anormales tiene un impacto directo en la calidad de la cama, esta al ser húmeda y contaminada con heces es un caldo de cultivo para la proliferación de ooquistes de *Eimeria* y otros patógenos, lo que aumenta el riesgo de reinfección y la transmisión de enfermedades. Además, la cama de mala calidad puede liberar amoníaco, lo que irrita el tracto respiratorio de las aves y afecta negativamente su salud y productividad (Keyhanazar, 2020).

La relación entre la integridad intestinal, la calidad de la cama y la presencia de heces anormales es un ciclo continuo. La coccidiosis daña el intestino, lo que lleva a heces anormales y una cama de mala calidad. Esto, a su vez, aumenta el riesgo de nuevas infecciones y exagera el daño intestinal, lo que afecta negativamente los parámetros productivos de las aves, como la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Peek *et al.*, 2018).

Tabla 8. Localización y distribución de lesiones intestinales por *Eimeria*

Especie de <i>Eimeria</i>	<i>E. acervulina</i>	<i>E. maxima</i>	<i>E. tenella</i>	<i>E. necatrix</i>
Localización	Duodeno	Yeyuno	Ciegos	Yeyuno
Grado 1				
	Lesiones blanquecinas dispersas (<math><5/cm^2</math>).	Pequeñas petequias rojas sin engrosamiento intestinal.	Pequeñas petequias en la pared cecal, sin engrosamiento.	Pocas petequias y punteado blanquecino visible en serosa.
Grado 2				
	Lesiones más densas, sin engrosamiento de la pared.	Aumento de petequias y engrosamiento de la pared.	Hemorragias evidentes, ciegos engrosados.	Aumento de petequias, ligera inflamación.
Grado 3				
	Lesiones fusionadas con engrosamiento intestinal.	Coágulos de sangre en el contenido intestinal, olor putrefacto.	Contenido hemorrágico abundante, paredes cecales engrosadas.	Hemorragia extensa, serosa con petequias y placas blanquecinas.
Grado 4				
	Pared intestinal grisácea con exudado cremoso lleno de ooquistes.	Intestino abultado, con coágulos abundantes y moco.	Ciegos extremadamente distendidos, con hemorragia y secuestro caseoso.	Intestino oscuro por hemorragia masiva, totalmente engrosado.

Fuente: Elanco, (2019)

4.6. Relación entre integridad intestinal y parámetros productivos

4.6.1. Calidad de la cama y presencia de heces anormales

La infección por *Eimeria* daña el epitelio intestinal, lo que altera la absorción de nutrientes y la función de barrera del intestino; este daño se manifiesta en la presencia de heces anormales, como diarrea acuosa o hemorrágica, dependiendo de la especie de *Eimeria* involucrada (Wickramasuriya *et al.*, 2022). A nivel fisiopatológico, la replicación del parásito en enterocitos provoca destrucción celular, inflamación local, menor absorción de agua y electrolitos, y aumento de exudación hacia la luz intestinal; por ellos, la consistencia fecal cambia y puede observarse mayor humedad de la cama, presencia de moco e incluso sangre en cuadros más severos (nutriNews, 2020).

La calidad de la cama es un indicador indirecto de la salud intestinal en aves, ya que la diarrea y el aumento de humedad fecal elevan la actividad microbiana y la liberación de amoníaco, deteriorando el ambiente del galón, es por esto que, una cama húmeda no solo releja alteraciones digestivas, sino que también incrementa el riesgo de dermatitis por contacto, problemas respiratorios y predisponían a infecciones secundarias (Barrero *et al.*, 2021).



Figura 3. Calidad de la cama

Fuente: (nutriNews, 2020)

4.6.2. Estado de la cloaca y lesiones pódales

Las altas densidades de población en las granjas avícolas, combinadas con un manejo deficiente, aumentan significativamente el riesgo de pododermatitis plantar en las aves. Esta condición, que provoca cojera y problemas de equilibrio, tiene un impacto negativo tanto en la rentabilidad de la producción como en el bienestar de los animales. Los factores que contribuyen a su aparición son diversos, desde infecciones bacterianas y problemas nutricionales hasta estrés por calor y, especialmente, un manejo inadecuado de la cama (Díaz, 2019).

Además, la pododermatitis plantar y las lesiones en la zona cloacal se asocian de manera estrecha con la humedad de la cama, la presencia de heces líquidas y la exposición prolongada de la piel a material irritante. Cuando existe diarrea por procesos entéricos, la

cama se humedece y aumenta la maceración de la piel; esto favorece lesiones por contacto, inflamación, erosión y posteriormente ulceraciones, asimismo, la contaminación fecal alrededor de la cloaca causa irritación visible suciedad persistente y, en algunos casos, lesiones dérmicas, lo cual también se utiliza como indicador de problemas digestivos y de manejo (Figura 4).



Figura 4. Lesiones podales
Fuente: Díaz, (2019)

5. Materiales y Métodos

5.1. Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en la Granja Irquis de la Universidad de Cuenca, ubicada en el Km. 23 de la vía Cuenca – Girón, en la parroquia Victoria del Portete, a una altitud de 2.663 m.s.n.m., con coordenadas geográficas 3°04'53.5"S y 79°04'37.5"W. La temperatura promedio en la zona es de 8 °C. Este entorno proporciona condiciones de producción representativas de granjas avícolas en zonas andinas del Ecuador.



Figura 5. Ubicación Geográfica del plantel avícola de la universidad.
Fuente: Directorio Cartográfico de Google Earth, (2025).

5.2. Tratamientos

El estudio aplicó 4 dietas compuestas a base de maíz y pasta de soya, se añadieron los aditivos a evaluar, Peptasan, FORCIX® PY LS y el programa anticoccidial convencional, el cual consistirá en 125 ppm de Nicarbazina del día 0 al 21 y 100 ppm de Lasalocid del día 22 al 42. En la tabla 9 se presentan los tratamientos, los cuales se diferenciaron por la inclusión o no de aditivos anticoccidiales a base de saponinas de origen natural.

Se trabajó con 304 pollitos de la línea Cobb 500 de un día de edad como modelo biológico, con un peso promedio de $45 \pm DE$ g, distribuidos en 4 tratamientos con 7 repeticiones cada uno. Las unidades experimentales de repetición 1 a la 6 contuvieron 11 aves, mientras que la repetición 7 de cada tratamiento incluyó 10 aves. La distribución fue la siguiente:

- Número de tratamientos: 4
- Número de repeticiones por tratamiento: 7
- Número total de unidades experimentales: 28
- Número de aves por unidad experimental (1 a 6): 11
- Número de aves en la repetición 7 de cada tratamiento: 10
- Número total de aves por tratamiento: 76
- Número total de aves utilizadas: 304
- Criterio de inclusión: Pollitos de un día con peso promedio de 45 g.

Los perfiles nutricionales utilizados corresponden con las tablas brasileñas para aves y cerdos de 2024 (Rostagno *et al.*, 2024) (**Tabla 10**).

Tabla 9: Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Control negativo: dieta basal sin anticoccidiales
T2	Control positivo: dieta basal + programa anticoccidial convencional
T3	Dieta basal + Peptasan (500 ppm)
T4	Dieta basal + FORCIX® PY LS (500 ppm)

5.2.1. Variables

5.2.1.1 Variables independientes

- Fuente de saponinas utilizadas:
 - FORCIX® PY LS
 - Peptasan
- Infección con *Eimeria* spp.
 - Tipo de desafío (presencia/ausencia de *Eimeria* spp.)

5.2.1.2 Variables dependientes

a) Morfometría intestinal (lesiones macro y micro)

- Longitud de vellosidades (μm)
- Profundidad de criptas (μm)
- Índice de inflamación intestinal (0–3)
- Presencia de criptas lesionadas

b) Indicadores de salud intestinal *in vivo*

- Calidad de cama (score 0–4)
- Calidad de las heces (score 1–5)

- Presencia de heces en cloaca (Sí/No)
 - Lesiones en cojinete plantar (score 0–2)
 - Articulación tibiotarsiana inflamada (Sí/No)
- c) Signos clínicos post-infección
- Presencia de sangre en heces (Sí/No)
 - Distribución de lesiones intestinales por especie de *Eimeria* spp. y localización anatómica

Tabla 10: Requerimientos nutricionales de pollos de engorde mixtos de desempeño medio.

Indicador	Día					
	0-8	8-17	17-27	27-35	35-43	43-49
Consumo (g/día)	23,2	64,6	131,5	185,1	203,9	197,9
Energía Metabolizable (kcal/kg)	2930	2970	3020	3070	3120	3200
Calcio (%)	1,099	1,016	0,732	0,641	0,593	0,476
Fósforo Disponible (%)	0,524	0,484	0,349	0,305	0,282	0,223
Fósforo Digestible (%)	0,474	0,438	0,316	0,277	0,256	0,209
Potasio (%)	0,575	0,571	0,568	0,565	0,563	0,567
Sodio (%)	0,216	0,209	0,201	0,194	0,187	0,183
Cloro (%)	0,195	0,187	0,178	0,170	0,163	0,158
Ácido Linoleico (%)	1,047	1,028	1,008	0,989	0,972	0,967
Proteína y aminoácidos digestibles						
Proteína Digestible (%)	21,25	20,87	19,62	18,75	17,84	17,26
Lisina (%)	1,269	1,246	1,183	1,130	1,090	1,055
Metionina (%)	0,510	0,501	0,501	0,479	0,468	0,453
Metionina + Cisteína (%)	0,927	0,910	0,911	0,870	0,850	0,822
Treonina (%)	0,838	0,823	0,781	0,746	0,719	0,696
Triptófano (%)	0,229	0,224	0,213	0,204	0,197	0,190
Arginina (%)	1,371	1,346	1,266	1,209	1,144	1,107
Glicina + Serina (%)	1,866	1,832	1,656	1,582	1,471	1,423
Valina (%)	0,977	0,960	0,911	0,870	0,839	0,812
Isoleucina (%)	0,851	0,835	0,793	0,757	0,741	0,717
Leucina (%)	1,358	1,333	1,266	1,209	1,166	1,128

Fuente: Adaptado de Rostagno *et al.*, (2024).

5.2.2. Metodología de medición y toma de datos

Fase 1: Preparación y Acondicionamiento del Galpón

- Se realizó limpieza y desinfección del galpón 15 días antes de iniciar el experimento.
- Se instalaron 28 jaulas (7 por tratamiento) con cama de cascarilla de arroz (2,5 kg/m²).
- El galpón fue precalentado a 33 °C durante 12 horas antes de recibir a los pollitos.

Fase 2: Recepción de los Pollitos

- Se recibieron 304 pollos Cobb 500 de un día de edad (peso promedio 45 g).
- Se distribuyeron aleatoriamente en 4 tratamientos con 7 repeticiones cada uno (1 a 6 11 aves por unidad experimental y la repetición 7 se conformó de 10 aves).
- Se ofreció agua con electrolitos y alimento sobre papel Kraft durante los primeros días como “papel comedero” para estimular consumo de alimento.

Fase 3: Implementación de los Tratamientos

- Se aplicaron 4 tratamientos alimenticios, cuya descripción detallada se presenta en la tabla 9. En el caso del T2, se aplicó Nicarbazina en la fase inicial (0-21 días) y Lasalocid durante la fase de finalización (22-42 días). Los T3 y T4 se administraron de fórmula continua.

Fase 4: Manejo Zootécnico

- Alimentación dividida en tres fases: inicial (0–21 días), crecimiento (22–35 días), finalización (36–42 días).
- Semana 3: restricción alimenticia del 20%.
- Se aplicó vacunación contra Gumboro + Newcastle (día 7).

Fase 5: Etapa Experimental con *Eimeria* spp. (Día 14)

- Se inoculó a las aves con una vacuna viva (BIO-COCCIVET R) por vía oral.
- La dosificación fue 15 veces superior a la recomendada para provocar un desafío significativo.

Fase 6: Evaluación de Indicadores Clínicos de Salud Intestinal (Semanalmente)

- Calidad de cama: score de 0 a 4 (seco a húmedo con adherencia) tomado de (Adler et al., 2021) (Anexo A).
- Estado de heces: score de 1 a 5 (firmes a acuosas) tomado de (LALLEMAND, 2023) (Anexo B).
- Cloaca: evaluación visual (presencia de heces adheridas).
- Lesión en cojinete plantar: score de 0 a 2 (normal a ulcerado) tomado de (Elanco, 2020) (Anexo C).

- Articulación tibiotarsiana: presencia/ausencia de inflamación tomado de (Elanco, 2020) (Anexo D).
- Presencia de sangre en heces: cuantificación diaria tomado de (García, 2018) (Anexo E).

Fase 7: Necropsia y Evaluación de Lesiones (Días 21 y 42)

- Se sacrificaron 5 aves por tratamiento (20 por evaluación).
- Se extrajo el tracto gastrointestinal completo (duodeno, yeyuno, íleon y ciegos).
- Se realizó evaluación macroscópica de lesiones según la escala de Johnson y Reid (1970) y HTSi de Elanco.
- Se tomaron muestras para análisis parasitológico (técnica de flotación, cámara de McMaster) y clasificación de *Eimeria* spp.

Fase 8: Análisis Histopatológico

- Se tomaron segmentos intestinales de 3 cm.
- Las muestras fueron fijadas en formol al 10% y enviadas al laboratorio de histopatología VetPathen en el cual se procesaron con tinción hematoxilina-eosina (H-E) para evaluar:
 - Longitud de vellosidades.
 - Profundidad de criptas.
 - Integridad de la mucosa.
 - Índice de inflamación intestinal
 - lesiones microscópicas

5.2.3. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental correspondió a un modelo completamente aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos (T1: control, T2: anticoccidial convencional, T3: Peptasan, T4: Forcix® PY LS) y siete repeticiones por tratamiento (Anexo H).

Los datos obtenidos fueron procesados en Microsoft Excel y analizados con el software InfoStat 2024. Previamente se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene, respectivamente. Las variables que cumplieron con normalidad (longitud de vellosidades, profundidad de criptas y proteína criptal) se analizaron mediante un ANOVA de una vía, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$ y cuando se detectaron diferencias significativas, se aplica la prueba de Duncan para la comparación de medias.

En contraste, las variables que no cumplieron con el supuesto de normalidad (índice de inflamación intestinal, calidad de la cama, estado de heces, presencia de heces en cloaca y lesiones en el cojinete plantar), se analizaron mediante la prueba de Chi-cuadrado (χ^2), con

el fin de evaluar la asociación entre los tratamientos y la distribución de las categorías observadas.

Los resultados de las variables cuantitativas se presentan como medias \pm error estándar (EE), mientras que las variables categóricas se expresan como frecuencias y porcentajes, de acuerdo con el tipo de variable analizada.

6. Resultados y Discusión

6.1. Lesiones microscópicas

6.1.1. Morfometría intestinal e índice de inflamación intestinal

En la tabla 11 se presentan los resultados correspondiendo a la longitud de vellosidades, la profundidad de la cripta y el índice de inflamación, evaluados a los 21 y 42 días de edad en pollos de engorde sometidos a los distintos tratamientos. El análisis de varianza (ANOVA) mostró que la edad de las aves tuvo efecto estadísticamente significativo sobre la longitud de vellosidades ($p=0,0058$), profundidad de criptas ($p= 0,0006$) y el índice de inflamación intestinal ($p=0,0001$), mientras que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ni en la interacción edad x tratamiento en ninguna de las variables evaluado ($p>0,05$).

Para la longitud de vellosidades, los valores fueron mayores a los 42 días que a los 21 días, el valor más alto se observó en el T3 a los 42 días (1761 μm) y el más bajo en T2 a los 21 días (1194 μm). En la profundidad de criptas, igualmente se registraron valores más altos a los 42 días, destacando T4 con una media de 200 μm , mientras que el menor fue el T3 a los 21 días (129 μm). Por otro lado, el índice de inflamación intestinal fue mayor a los 21 días, siendo el T1 y T4 (1,25) la mayor media y el más bajo el T4 a los 42 días (0,45).

Tabla 11. Morfología intestinal e índice de inflamación (μm) a los 21 y 42 días de edad

Tratamiento	Longitud de Vellosidades (μm)*		Profundidad de criptas (μm)*		Índice de inflamación intestinal*	
	21 días	42 días	21 días	42 días	21 días	42 días
T1	1357	1632	143	155 ^a	1,25	1,00 ^b
T2	1194	1545	139	159 ^a	1,05	0,65 ^a
T3	1276	1761	129	177 ^a	1,05	0,55 ^a
T4	1489	1617	134	200 ^b	1,25	0,45 ^a
EE	76,57	77,06	4,56	9,37	0,09	0,08
CV	44,62	36,43	29,89	48,51	73,34	107,26

Nota: * Diferencia significativa por edad (0,0058; 0,0006 y 0,0001); literales diferentes en la misma columna indica diferencias significativas ($p<0,05$). T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS; EE: error estándar; CV: coeficiente de variación (%)

Diversos estudios han demostrado que las saponinas de origen vegetal pueden mejorar la morfología intestinal, favoreciendo así la integridad y funcionalidad del epitelio intestinal, como por ejemplo, Bafundo *et al.* (2021) Stefanello *et al.*, (2022) reportaron que la inclusión de saponinas de *Quillaja saponaria* + *Yucca schidigera* con una dosis de 250 a 500 ppm, aumentó significativamente la altura de las vellosidades de pollos a los 21 días. De manera similar Dai *et al.*, (2023), estudiaron comparativamente *Yucca schidigera*, *Yucca saponin* y *Quillaja saponaria* en pollos de 28 y 56 días, observaron que a los 56 días todos los grupos

suplementados con las saponinas mostraron vellosidades intestinales más altas y menor profundidad de cripta; en especial, el grupo de *Yucca schidigera* alcanzó la mayor altura de vellosidades con 600 μm , esto concuerda con los hallazgos de este estudio, ya que a los 42 días, el fitobiótico Peptasan mostró altura de vellosidades tan alta como las reportadas de *Yucca* sola, lo que sugiere efectos similares de estas saponinas vegetales en mejora de la integridad intestinal.

Además, Osho & Adeola (2020) indican que los aditivos benéficos al intestino tienden a aumentar la altura de vellosidad y a reducir profundidad de criptas, lo que lleva a mejorar la relación vellosidad/cripta, por ejemplo, en otros ensayos diferentes a los planteados en este experimento, con el uso de oligosacáridos incrementaron en 18% la altura de vellosidad y redujeron en 10% la profundidad de criptas en pollos. En el estudio de Bafundo *et al.* (2021), se reporta un incremento en la altura de vellosidad y mejora en la relación vellosidad/cripta, en la cual, no hubo incremento concomitante de profundidad de criptas, lo que se interpreta como una mejora de la capacidad de absorción con una menor necesidad de recambio celular por daño. Respecto a Peptasan, que en este estudio corresponde con el T3, los autores mencionan que tiene efectos protectores frente a *Eimeria* que se asocian a una mejor recuperación histológica y, por ende, a una menor señal de hiperplasia cripta en comparación con controles infectados.

En relación con el índice de inflamación intestinal, Bortoluzzi *et al.*, (2021) observaron que una mezcla de ácidos orgánicos protectores y aceites esenciales redujo los puntajes histológicos de inflamación, es decir, mejor infiltración de células inflamatorias en epitelio y lámina propia, además, este estudio, mostró reducciones de marcadores séricos proinflamatorios (IL-12, IL.-16) al eliminar antibióticos y usar ácidos. De manera análoga, en el presente estudio, los tratamientos con Peptasan y FORCIX®, mejoraron la salud intestinal al disminuir la inflamación comparados con el control, la reducción observada con Peptasan se asocia a su actividad anticoccidial, de este modo, (Saeed & Alkheraije, 2023), mencionan en su estudio que Peptasan, derivado de *Acacia concinna*, mejora ganancia de peso y reduce conteo de ooquistes y lesiones intestinales, lo cual implica menor daño inflamatorio. Morfometría intestinal lesiones macroscópicas.

6.2. Lesiones macroscópicas

6.2.1. Duodeno, yeyuno, íleon y ciego

En la tabla 12, se presentan los resultados correspondientes a las lesiones macroscópicas observadas en duodeno, yeyuno íleon y ciegos, evaluados a los 21 y 42 días de edad en pollos de engorde. El ANOVA evidenció que la edad tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre las lesiones macroscópicas en duodeno y yeyuno ($p < 0,0001$) y en íleon

($p=0,0002$), sin embargo, en el ciego no presento diferencia significativa ($p=0,0668$), además, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ni en la interacción edad x tratamiento en ninguna de las variables evaluado ($p>0,05$).

A los 21 días no se observaron lesiones macroscópicas en ninguna de las secciones intestinales evaluadas, independientemente del tratamiento, evidenciando ausencia visita en esta etapa. En contraste, a los 42 días para el duodeno, la media más alta fue en el T1 (1,00) y más bajo en el T2 (0,40). En el Yeyuno, la mayor media se registró en el T4 (1,00), mientras que T1, T2 y T3 representaron valores iguales entre si (0,60). En el íleon, el T1 presentó la mayor media (0,40), mientras que T2 y T4 no evidenciaron lesión y T3 un valor intermedio de (0,20)

Tabla 12. Lesiones macroscópicas a los 21 y 42 días de edad

Tratamientos	Duodeno**		Yeyuno**		Íleon*		Ciegos	
	21 días	42 días	21 días	42 días	21 días	42 días	21 días	42 días
T1	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,40
T2	0,00	0,40	0,00	0,60	0,00	0,80	0,00	0,00
T3	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,20
T4	0,00	0,80	0,00	1,00	0,00	0,40	0,00	0,00
EE	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,13	0,00	0,08
CV	0,00	67,17	0,00	67,17	0,00	99,71	0,00	244,23

Nota: Diferencia significativa por edad (** $<0,0001$; * $0,0002$). T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS; EE: error estándar; CV: coeficiente de variación (%)

Los resultados coinciden con estudios recientes en Latinoamérica, donde en un estudio en Brasil, se observó un pico de lesiones macroscópicas entre los 28 y 37 días de edad, lo cual respalda la idea de un efecto acumulativo de la infección sobre el duodeno con el tiempo (Gazoni *et al.*, 2025). Por otro lado, (Campos *et al.*, 2023), examino como *Eimeria acervulina* afecta la microbiota luminal y mucosa del duodeno y el yeyuno en pollos de engorde, se observó que la infección alteró la diversidad microbiana, con diferencias significativas entre aves infectadas y los controles, especialmente en el duodeno mucoso, lo que evidencia que las lesiones mucosas macroscópicas evolucionan con el tiempo.

Por otro lado, en cuanto a los suplementos Peptasan y FORCIX®, no redujeron las lesiones en el duodeno comparado con el T2 (control positivo), esto contrasta que los informes previos de Sánchez *et al.* (2019), donde Peptasan redujo significativamente el daño intestinal por *Eimeria*, reportaron que disminuyó el índice de lesiones en duodeno, yeyuno y ciego con eficacia comparable a la salinomicina. Por otro lado, mecanismos atribuidos a las saponinas de *Acacia concinna* incluyen la unión a esteroides de la membrana del parásito, alterando su

metabolismo y provocando la liberación temprana de esporozoitos antes de la fase merogónica (El-Shall *et al.*, 2022).

El estudio de El-Shall *et al.* (2022), con saponinas apuntan a mejoras en la salud intestinal global, por ejemplo, se ha documentado que la Yucca mejora la pigmentación cutánea y rendimiento al modular la inmunidad intestinal, no obstante en la etapa del estudio la falta de diferencias significativas marca que la función protectora de estos aditivos en el íleon fue escasa o no detectable. El T2, control positivo y FORCIX® no desarrollaron inflamación cecal, mientras que el control negativo tuvo la media más alta ($p < 0,05$), esto indica que *E. tenella* que típicamente causa coccidiosis cecal hemorrágica, no estuvo presente o tuvo un impacto bajo en transcurso del experimento, además, la leve disminución de lesiones con Peptasan, sugiere una posible acción protectora moderada, estudios han encontrado que Peptasan reduce lesiones cecales y la excreción de ooquistes en pollos desafiados (Saeed & Alkheraije, 2023; Sánchez *et al.*, 2019).

6.3. Indicadores de salud intestinal *in vivo*

6.3.1. Calidad de la cama

En la tabla 13, el ANOVA mostró que la calidad de la cama estuvo influenciada significativamente por la edad por semanas de los animales ($p < 0,0001$), mientras que el tratamiento y la interacción entre edad y tratamiento no presentaron efectos significativos ($p = 0,8097$) y ($p = 9253$), respectivamente. Por otro lado, la variable presentó un R^2 ajustado de 0,85 y un coeficiente de variación de 29,61 %, indicando buena capacidad explicativa del modelo y una variabilidad moderada. Además, la calidad de la cama aumentó progresivamente con la edad, pasando de un score de 0 en la semana 1 (cama seca), a 1 en la semana 3 y 1,15 en la semana 5 ($p < 0,05$).

Tabla 13: Calidad de cama

Tratamiento	Edad *		
	1 semana	3 semana	5 semana
T1	0,0	1,0	1,19
T2	0,0	1,0	1,14
T3	0,0	1,0	1,10
T4	0,0	1,0	1,19
E.E	0,05	0,05	0,05
C.V	0	0	31,51

* Diferencia significativa por edad ($p < 0001$). T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS; EE: error estándar; CV: coeficiente de variación (%)

Con el avance de las semanas de crianza, la cama paso de estar seca (puntaje de 0) a presentar humedad en la semana 5 (puntaje de 1,1), lo que refleja la acumulación de excretas y la humedad en instalaciones intensivas, este deterioro con la edad es común en pollos de engorde, ya que la generación continua de heces y una ventilación insuficiente elevan la humedad del lecho; de hecho la calidad del material de la cama es el principal factor de riesgo para lesiones pódales, la cama húmeda y la presencia de amoníaco asociado aumentan dramáticamente la dermatitis plantar (Taira *et al.*, 2014).

6.3.2. Calidad de heces

En la tabla 14, el ANOVA mostró que la calidad de las heces estuvo influenciada significativamente por la edad por semanas de los animales con p valor < 0,0001, mientras que el tratamiento (p=5771) y la interacción entre edad y tratamiento (p=6668) no presentaron efectos significativos (p > 0,05), por otro lado, la variable presentó un R² ajustado de 0,69.

Tabla 14: Calidad de heces

Tratamiento	Edad *		
	1 semana	3 semana	5 semana
T1	1,19 ^a	2,86 ^b	2,48 ^c
T2	1,19 ^a	2,67 ^b	2,67 ^c
T3	1,14 ^a	2,67 ^b	2,67 ^c
T4	1,10 ^a	2,86 ^b	2,86 ^c
EE	0,04	0,06	0,05
CV	31,51	18,32	20,21

* Diferencia significativa por edad (p<0001); literales diferentes en la misma columna indica diferencias significativas (p<0,05). T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS; EE: error estándar; CV: coeficiente de variación (%)

Los resultados obtenidos demuestran que la calidad de las heces se deterioró progresivamente con la edad de las aves, independientemente del tratamiento aplicado, este hallazgo coincide con lo reportado por Choi *et al.* (2021), quienes observaron un incremento significativo en la fluidez fecal en pollos infectados con *Eimeria* spp., atribuyéndolo al daño epitelial intestinal y la reducción en la absorción de nutrientes. Además, el alto R² ajustado (0,69) indica que la edad explica una proporción considerable de la variabilidad en la consistencia fecal, reforzando la idea de que la coccidiosis avanza con el tiempo, incluso en condiciones controladas.

Cabe destacar que, aunque Peptasan mostró una ligera mejoría numérica en la semana 1 (1,14 vs. 1,19 del control), esta diferencia no fue estadísticamente significativa, lo que concuerda con los hallazgos de Amer *et al.* (2021), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en la calidad fecal al usar proteasas en dietas de pollos bajo estrés entérico. En

contraste, FORCIX® PY LS (T4) no mostró ningún efecto diferenciador, a pesar de su formulación basada en compuestos botánicos, lo que podría deberse a factores como la dosis utilizada.

6.3.3. Presencia de heces en cloaca

En la tabla 15, se presenta el estudio de la presencia de heces en cloaca reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y las semanas evaluadas, con un chi cuadrado de 36,78 y un valor de $p < 0,0001$, lo que confirma una relación significativa entre los tratamientos y la retención de heces a lo largo del tiempo; se observó que durante la primera semana, todos los grupos mostraron una baja incidencia, siendo el T1, fue el que registró apenas un caso, mientras que el T3 y T2 presentaron cifras más altas 10 y 8 casos, respectivamente; por otro lado, a partir de la tercera semana, se detectó un incremento gradual en la retención fecal en los tratamientos T3 y T4, alcanzando su máximo en la quinta semana, con 8 y 12 casos cada uno, por el contrario, T1 y T2 exhibieron una menor frecuencia hacia el final del estudio.

Tabla 15: Presencia de heces en cloaca

Tratamiento	Semana 1			Semana 3			Semana 5		
	Si	No	Total	Si	No	Total	Si	No	Total
T1	1	20	21	9	12	21	6	15	21
T2	8	13	21	7	14	21	5	16	21
T3	10	11	21	14	7	21	8	13	21
T4	4	14	21	15	6	21	12	9	21
Chi cuadrado	36,78								
p-valor	<0,0001								

* Diferencia significativa por edad ($p < 0,0001$); T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS

Los resultados obtenidos demuestran una relación significativa entre los tratamientos aplicados y la retención de heces en cloaca a lo largo del tiempo, este hallazgo sugiere que, aunque todos los grupos comenzaron con una baja incidencia en la primera semana, los tratamientos con Peptasan y FORCIX® PY LS mostraron un incremento progresivo en la retención fecal, alcanzando su máximo en la semana 5 (8 y 12 casos, respectivamente). Por el contrario, los grupos control negativo y positivo presentaron una menor frecuencia de este problema hacia el final del estudio.

El estudio de Salem *et al.* (2023) han asociado la retención de heces en cloaca con alteraciones en la motilidad intestinal y simbiosis microbiana en aves infectadas con *Eimeria*, en este caso, los resultados del estudio, coinciden con esta hipótesis, ya que los grupos con mayor incidencia (T3 y T4) también mostraron un deterioro en la calidad fecal.

Aunque se ha reportado que proteasas como las de Peptasan pueden mejorar la digestibilidad y reducir la viscosidad intestinal (Olfati *et al.*, 2021), los resultados de este estudio no respaldan este beneficio en términos de retención fecal. Por el contrario, T3 mostró una mayor incidencia que el control negativo, lo que sugiere que, en condiciones de alto desafío, estos aditivos podrían no ser efectivos o incluso afectar negativamente el tránsito intestinal.

6.3.4. Lesiones en cojinete plantar

En la tabla 16, el ANOVA mostró que las lesiones en cojinete plantar estuvo influenciada significativamente en la edad por semanas de los animales con p valor < 0,0001, mientras que el tratamiento (p=5848) y la interacción entre edad y tratamiento (0,6916) no presentaron efectos significativos (p > 0,05), por otro lado, la variable presentó un R² ajustado de 0,71.

Tabla 16: Lesiones en cojinete plantar

Tratamiento	Edad *		
	2 semana	4 semana	6 semana
T1	0,0	0,67	1,0
T2	0,0	0,71	1,0
T3	0,0	0,81	1,0
T4	0,0	0,62	1,0
E.E	0,06	0,06	0,06
C.V	0,0	65,49	0,0

* Diferencia significativa por edad (p<0001). T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS; EE: error estándar; CV: coeficiente de variación (%)

La severidad de las lesiones en los cojines plantares se incrementó marcadamente con la edad, en la semana 2 no hubo lesiones (score 0 en todos los grupos), pero para la semana 6 todas las aves de todos los tratamientos mostraron lesiones (score 1, máxima puntuación), de esta manera, esto es consistente con hallazgos previos: las lesiones de contacto en las patas suelen aparecer después de varias semanas de crecimiento, especialmente cuando la cama se humedece (Kwon *et al.*, 2024). De hecho, estudios han demostrado que en camas muy húmedas las aves comienzan a desarrollar dermatitis plantar tan pronto como a las 2 semanas, alcanzando calificaciones muy altas al final del ciclo (Lingens *et al.*, 2021).

6.3.5. Articulación tibiotarsiana inflamada

En la tabla 17, se observa el análisis de la articulación tibiotarsiana inflamada mostró diferencias estadísticamente significativas entre semanas con un valor de chi cuadrado de 188,91 con un p<0,0001, donde inicialmente en la semana 2 ningún tratamiento presentó casos positivos; sin embargo, para la semana 4 se observó un marcado incremento, siendo el T1 el más afectado con 18 casos, y el menor el T3 con 14 casos, lo que sugiere cierta variabilidad entre tratamientos; no obstante, para la semana 6 todos los grupos alcanzaron el

100% de incidencia, demostrando que la inflamación se generaliza con el tiempo independientemente del tratamiento aplicado, lo cual indica que el factor temporal es determinante en la aparición de esta condición.

Tabla 17: Presencia de articulación tibiotarsiana inflamada

Tratamiento	Semana 2			Semana 4			Semana 6		
	Si	No	Total	Si	No	Total	Si	No	Total
T1	0	21	21	18	3	21	21	0	21
T2	0	21	21	15	6	21	21	0	21
T3	0	21	21	14	7	21	21	0	21
T4	0	21	21	16	5	21	21	0	21
Chi cuadrado	188,91								
p-valor	<0,0001								

* Diferencia significativa por edad ($p < 0.001$); T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS

La progresión de la inflamación alcanzó el 100% de incidencia en todos los grupos para la semana 6, independientemente del tratamiento aplicado, este hallazgo es consistente con estudios previos que reportan que la inflamación articular en aves comerciales tiende a generalizarse hacia el final del ciclo productivo, particularmente en sistemas intensivos (Liu *et al.*, 2023). Por otro lado, la uniformidad en la aparición final de la condición sugiere que los factores determinantes son principalmente temporales y probablemente asociados al rápido crecimiento y carga biomecánica, más que a procesos infecciosos específicos.

La variabilidad observada en la semana 4, donde el tratamiento con Peptasan mostró una incidencia ligeramente menor, se relaciona con el efecto antiinflamatorio reportado para algunas enzimas proteolíticas (Sol & Horta, 2024). No obstante, la ausencia de diferencias al final del estudio indica que este posible efecto es transitorio y no suficiente para prevenir el desarrollo de la condición bajo las condiciones experimentales, lo cual, estos resultados coinciden con los reportados por Xu *et al.* (2022), quienes encontraron que las intervenciones nutricionales tienen un impacto limitado en trastornos articulares cuando el factor principal es el crecimiento acelerado.

6.4. Signos clínicos post-infección

6.4.1. Presencia de sangre en heces

En la tabla 18, se presenta el análisis de sangre en heces, el cual reveló diferencias altamente significativas entre las semanas evaluadas con un valor de chi cuadrado de 130,44 y un valor $p < 0,0001$, demostrando una clara relación temporal con esta condición, ya que en la semana 1 ningún tratamiento presentó casos, lo que indica un estado intestinal inicial óptimo; no obstante, en la semana 3 se registró un único caso en el T2, sugiriendo el inicio temprano del

problema, mientras que para la semana 5 hubo un incremento drástico en todos los grupos, siendo el T1 el más afectado con 17 casos, seguido por T4 con 13 y el T3 con 11 y el T2 con 8 casos, lo que evidencia que la condición se agrava progresivamente con la edad, aunque con distinta severidad entre tratamientos.

Tabla 18: Presencia de sangre en heces

Tratamiento	Semana 1			Semana 3			Semana 5		
	Si	No	Total	Si	No	Total	Si	No	Total
T1	0	21	21	0	21	21	17	4	21
T2	0	21	21	1	20	21	8	13	21
T3	0	21	21	0	21	21	11	10	21
T4	0	21	21	0	21	21	13	8	21
Chi cuadrado	130,44								
p-valor	<0,0001								

* Diferencia significativa por edad ($p < 0001$); T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS

Estos hallazgos concuerdan con lo reportado en la literatura sobre *coccidiosis* aviar, donde la presencia de sangre en heces es un indicador tardío de daño intestinal severo, particularmente en infecciones por *Eimeria tenella* que afectan el ciego (Tomal *et al.*, 2023). La menor incidencia en los grupos T2 y T3 se relaciona con el efecto protector de los aditivos utilizados, aunque la presencia de casos en todos los tratamientos indica que la protección no fue completa. Resultados similares fueron observados por Attree *et al.* (2021), quienes reportaron que ciertos aditivos pueden atenuar pero no prevenir completamente las lesiones intestinales en condiciones de alto desafío.

6.4.2. Análisis de prevalencia por sección intestinal

En tabla 19, se observa que, del total de 60 muestras analizadas, se identificaron 37 casos positivos, lo que representa una prevalencia general del 61,7 %. Al desagregar los datos por sección intestinal, se observó que el ciego presentó la mayor proporción de casos positivos con un 80,0 % (16/20), seguido del yeyuno con un 55,0 % (11/20) y del duodeno con un 50,0 % (10/20). Estos resultados indican que el ciego fue la sección con mayor presencia de casos positivos en comparación con las demás.

Tabla 19: Prevalencia de casos positivos por sección intestinal

Sección intestinal	Total muestras	Casos positivos	Prevalencia (%)
Duodeno	20	10	50
Yeyuno – Íleon	20	11	55
Ciego	20	16	80
Total	60	37	61,7

Los resultados encontrados sugieren una mayor afinidad del parásito por el ciego, lo cual podría estar relacionado con especies como *Eimeria spp*, que tienden a colonizar esa región; comparando con la investigación de Balestrin *et al.* (2022), en donde encontraron prevalencias histopatológicas del 46,9 % en el ciego, 70,3 % en el yeyuno y 87,5 % en el duodeno para *Eimeria spp.* en lotes avícolas, lo que muestra coincidencias en el patrón regional, aunque con variación en los porcentajes. Por su parte, Silva *et al.* (2022), reportaron una prevalencia general aproximada del 59 % en gallinas de traspatio en Brasil, lo cual es consistente con los valores encontrados en el presente estudio; su investigación, realizada mediante técnicas coproparasitológicas, identificó múltiples especies de *Eimeria*, entre las cuales *E. tenella* se destacó como una de las más frecuentes, mostrando una alta afinidad por la región cecal, donde ocasiona lesiones hemorrágicas graves y afecta significativamente el desempeño productivo de las aves, además, evidenció que las condiciones de manejo, el tipo de alimentación, y la ausencia de medidas sanitarias en sistemas de producción extensivos contribuyen a una mayor exposición y susceptibilidad a la infección.

6.4.3. Recuento de ooquistes por tratamiento

En la tabla 20, el análisis del recuento de ooquistes por tratamiento muestra diferencias claras entre los grupos evaluados, se observa que los tratamientos control (T1 y T2) presentan una menor proporción de casos positivos, con 60 % y 53,3 % respectivamente; no obstante, T2, a pesar de tener la menor frecuencia de animales positivos, registra la carga parasitaria más alta (7596,67 huevos/g), lo cual sugiere que, aunque menos aves se infectaron, aquellas que lo hicieron presentaron una mayor intensidad de infección, posiblemente por la ausencia de un agente anticoccidial efectivo.

Por otro lado, los tratamientos T3 y T4, que sí incluyeron alguna intervención terapéutica o profiláctica, mostraron porcentajes más altos de positividad (73,3 % y 66,7 % respectivamente), pero con cargas parasitarias mucho más bajas, especialmente T4, que alcanzó apenas 106,67 huevos/g. Esto indica que los tratamientos aplicados en T3 y, sobre todo, en T4, si bien no evitaron completamente la infección, sí lograron reducir significativamente la replicación del parásito.

Tabla 20: Análisis por tratamiento: efectividad comparativa

Tratamiento	Positivos totales	Total de muestras	% Positivos	Conteo promedio (huevos/g)
T1	9	15	60,0%	1.713,33
T2	8	15	53,3%	7.596,66
T3	11	15	73,3%	3.403,33
T4	10	15	66,7%	106,66

En concordancia con estudios previos que evaluaron el uso de Peptasan, en el análisis muestra que el tratamiento T4 fue el más eficaz en reducir la intensidad de la infección por *Eimeria*, evidenciada por un conteo promedio de solo 106,7 huevos/g, a pesar de una positividad del 66,7 %, al comparar con la investigación de Sánchez *et al.* (2019), reportaron que Peptasan, administrado a 500 y 750 ppm, redujo significativamente el número de ooquistes en heces y mejoró el desempeño productivo en pollos desafiados, comparado incluso con salinomicina. Estos hallazgos respaldan que una baja cantidad de ooquistes representa una menor presión parasitaria ambiental y reflejan efectividad más allá del mero control de la prevalencia.

Asimismo, Benarbia *et al.* (2022) al utilizar mezcla comercial Norponin XO2 (250 ppm), compuesta por extractos vegetales ricos en saponinas, demostró ser una alternativa fitogénica eficaz frente a la coccidiosis en pollos de engorde, logrando una reducción significativa tanto en las puntuaciones de lesiones intestinales como en la excreción de ooquistes, alcanzando resultados comparables a los obtenidos con monensina (120 ppm), un ionóforo utilizado ampliamente como coccidiostato, los ensayos mostraron que Norponin XO2 mejoró no solo los parámetros de salud intestinal, sino también el rendimiento productivo, evidenciado en mejores tasas de ganancia de peso y conversión alimenticia.

6.4.4. Carga parasitaria individual por ave

En la tabla 21, se observa el análisis de la carga parasitaria total por ave mostró que el Ave 4 presentó la mayor carga con 108,350 huevos por gramo de heces, lo que indica que fue la más afectada por la infestación de coccidia en comparación con las otras aves estudiadas. Le sigue el Ave 3 con 46,350 huevos/g, el Ave 1 con 22,300 huevos/g, el Ave 2 con 11,850 huevos/g y finalmente el Ave 5 con la carga más baja de 3,450 huevos/g. Estos resultados sugieren una variabilidad significativa en la intensidad de la infestación entre los individuos, lo que puede deberse a diferencias en la respuesta inmune, exposición al parásito o efectividad del tratamiento aplicado. La alta carga parasitaria en el Ave 4 indica un posible foco de infección o una menor efectividad del tratamiento en este caso, por lo que se recomienda un seguimiento más detallado para controlar la infestación y evitar su propagación.

Tabla 21: Aves con mayor carga parasitaria

Ave	Total, Conteo (huevos/g de heces)
Ave 1	22.300
Ave 2	11.850
Ave 3	46.350
Ave 4	108.350
Ave 5	3.450

En este estudio, la carga parasitaria individual mostró una amplia variabilidad, con valores que oscilaron entre 3,450 y 108,350 huevos por gramo (huevos/g) de heces. Este rango destaca la heterogeneidad en la respuesta de las aves a la infección por *Eimeria*, fenómeno que ha sido documentado en investigaciones previas. Por ejemplo, Soutter *et al.* (2021), observaron que, incluso con dosis altas de ooquistes de *Eimeria tenella*, la replicación del parásito y la respuesta inmune variaron entre líneas comerciales de ponedoras, lo que sugiere una influencia genética en la carga parasitaria y la severidad de la infección.

6.4.5. Análisis del efecto del tratamiento y sección intestinal sobre carga parasitaria

El análisis del efecto del tratamiento y la sección intestinal sobre la carga parasitaria (huevos/g de heces) indicó que ninguno de estos factores presentó diferencias significativas. El tratamiento no mostró un impacto relevante en la carga parasitaria ($p = 0,5170$), y aunque la sección intestinal tuvo un valor cercano a la significancia ($p = 0,0726$), tampoco se consideró estadísticamente significativa (Anexo I). Estos resultados sugieren que ni el tipo de tratamiento aplicado ni la ubicación dentro del intestino influyen de manera significativa en la carga de huevos parasitarios en las muestras analizadas.

6.4.6. Efecto del Tratamiento y la sección intestinal sobre la profundidad de la cripta

En la tabla 22, se observa el análisis del efecto del tratamiento y la sección intestinal sobre el contenido de proteína cripta mostró resultados diferenciados. El tratamiento no tuvo un efecto significativo sobre la profundidad de la cripta ($p = 0,2625$), indicando que los distintos tratamientos aplicados no influyeron en esta variable. Por otro lado, la sección intestinal sí presentó un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que indica que la profundidad de la cripta varía considerablemente según la sección del intestino analizada (Anexo J). En conjunto, estos resultados sugieren que la variación en la profundidad de la cripta está relacionada principalmente con la ubicación dentro del intestino y no con el tratamiento aplicado.

Tabla 22: Profundidad de criptas intestinales (μm) por cada sección de intestino a los 42 días de edad

Sección Intestinal	n	Media	EE
Íleon	37	120,30 ^a	7,75
Yeyuno	42	122,72 ^a	7,27
Duodeno	41	135,36 ^a	7,36
Ciego	40	239,72 ^b	7,45

* Diferencia significativa por sección intestinal ($p < 0001$); literales diferentes en la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: control negativo, T2: control positivo, T3: Peptasan, T4: FORCIX® PY LS; EE: error estándar; CV: coeficiente de variación (%)

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey reveló diferencias estadísticamente significativas entre el ciego y las demás secciones analizadas. El ciego presentó una media significativamente superior (239,72 mg/g) en comparación con el íleon, yeyuno y duodeno, que mostraron medias similares entre sí (120,30; 122,72 y 135,36 mg/g, respectivamente), agrupándose en un único grupo estadístico (grupo A).

Estos resultados indican que la profundidad criptal es notablemente mayor en el ciego, lo que podría reflejar una mayor actividad celular o una adaptación funcional específica en esta región del intestino, implicando un posible papel diferenciado en procesos fisiológicos o inmunológicos locales. La marcada diferencia observada en el ciego (239,72 mg/g) frente a otras secciones intestinales (120,30-135,36 mg/g) refleja adaptaciones fisiológicas específicas de esta región, el estudio de Anwar *et al.* (2021) demuestran que el ciego aviar presenta características histológicas únicas, incluyendo mayor densidad de células calciformes y una microbiota especializada.

Esta elevada concentración de proteína criptal podría relacionarse con tres factores clave, una tasa de renovación epitelial acelerada necesaria para mantener la integridad de la mucosa, una intensa actividad secretora de péptidos antimicrobianos como defensa primaria, y la necesidad de una barrera mucosa reforzada ante la alta carga microbiana característica de este segmento (Johnstone & Herzberg, 2022). Por otro lado, la homogeneidad observada en duodeno, yeyuno e íleon sugiere que, pese a sus diferencias funcionales en la absorción nutricional, comparten patrones similares de dinámica criptal, hallazgo que concuerda con Farkas *et al.* (2022), quienes reportaron mayor variación ciego-intestino delgado que entre segmentos del propio intestino delgado.

7. Conclusiones

No se observaron diferencias entre los tratamientos en la longitud de las vellosidades ni en la profundidad de las criptas intestinales. Sin embargo, la edad de las aves influyó de manera significativa, evidenciándose un incremento en la altura de las vellosidades a los 42 días en comparación con los 21 días de edad.

Las puntuaciones de las lesiones macroscópicas no mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados. No obstante, se registraron diferencias entre regiones intestinales, siendo el ciego el segmento más afectado en comparación con el intestino delgado, lo que confirma una mayor susceptibilidad regional frente al desafío con *Eimeria* spp.

El índice de inflamación intestinal estuvo influenciado por la edad y la región, sin evidenciarse un efecto atribuible a los tratamientos coccidiales. De igual manera, la carga parasitaria no presentó diferencias entre los tratamientos evaluados.

Las lesiones en el cojinete plantar fueron significativamente mayores hacia el final del período experimental, sin observarse un efecto del tratamiento. De forma similar, la retención de heces en la cloaca fue más frecuente en las aves evaluadas a los 42 días de edad.

La calidad de la cama y la consistencia fecal se deterioraron progresivamente con el avance de la edad de las aves, mostrando una relación más estrecha con factores ambientales y de manejo que con la inclusión de los tratamientos fitobióticos anticoccidiales.

8. Recomendaciones

Optimizar la dosis y formulaciones de fitobióticos ajustando las concentraciones de saponinas como Peptasan para potenciar los beneficios intestinales y el control anticoccidial evitando efectos adversos en la consistencia fecal.

Implementar un manejo integral de la cama complementando los fitobióticos con estrategias que reduzcan la humedad mediante ventilación adecuada o materiales absorbentes para disminuir lesiones pódales y mejorar el bienestar de las aves.

Se recomienda priorizar el monitoreo del ciego enfocando la evaluación en este segmento intestinal con análisis macroscópico e histológicos para detectar tempranamente la enfermedad y aplicar un manejo más efectivo.

9. Referencias

- Abdisa, T., Gemechu, Y., & Obsa, I. (2023). Review on diseases and health management of poultry and swine. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 7(1), 27-38. <https://doi.org/10.15406/ijawb.2023.07.00187>
- Adjei, B., & Atuahene, C. C. (2023). Coccidiosis aviar y potencial anticoccidial de ajo (*Allium sativum* L.) en la producción de engorde: Una revisión. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(1), 100314. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100314>
- Adler, C., Schmithausen, A. J., Trimborn, M., Heitmann, S., Spindler, B., Tiemann, I., Kemper, N., & Büscher, W. (2021). *Effects of a Partially Perforated Flooring System on Ammonia Emissions in Broiler Housing—Conflict of Objectives between Animal Welfare and Environment ?*
- Ahmadpanah, J., Aliabad, A., & Safari, A. (2022). Estimation of financial losses associated to coccidiosis in broilers. *Research on Animal Production*, 13(20), 2251-8622. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20230337656>
- Amer, S. A., Beheiry, R. R., Abdel Fattah, D. M., Roushdy, E. M., Hassan, F. A. M., Ismail, T. A., Zaitoun, N. M. A., Abo-Elmaaty, A. M. A., & Metwally, A. E. (2021). Effects of different feeding regimens with protease supplementation on growth, amino acid digestibility, economic efficiency, blood biochemical parameters, and intestinal histology in broiler chickens. *BMC Veterinary Research*, 17(1), 283. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02946-2>
- Anwar, S. M., Abd-Elhafeez, H. H., Abdel-maksoud, F. M., & Abdalla, K. E. H. (2021). Morph-anatomic and histochemical study of ileum of goose (*Alopochen aegyptiaca*) with special references to immune cells, mucous and serous goblet cells, telocytes, and dark and light smooth muscle fibers. *Microscopy Research and Technique*, 84(6), 1328-1347. <https://doi.org/10.1002/jemt.23692>
- Attree, E., Sanchez-Arsuaga, G., Jones, M., Xia, D., Marugan-Hernandez, V., Blake, D., & Tomley, F. (2021). Controlling the causative agents of coccidiosis in domestic chickens; an eye on the past and considerations for the future. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00056-5>
- Bafundo, K. W., Gomez, L., Lumpkins, B., Mathis, G. F., McNaughton, J. L., & Duerr, I. (2021). Concurrent use of saponins and live coccidiosis vaccines: The influence of a quillaja and yucca combination on anticoccidial effects and performance results of coccidia-vaccinated broilers. *Poultry Science*, 100(3), 100905. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.010>

- Bafundo, K. W., Männer, K., & Duerr, I. (2021). The combination of quillaja and yucca saponins in broilers: Effects on performance, nutrient digestibility and ileal morphometrics. *British Poultry Science*, 62(4), 589-595. <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1891523>
- Balestrin, P. W. G., Balestrin, E., Santiani, F., Cristo, T. G. de, Pereira, D. G., Bonatto, G. R., Bilick, J. V., & Casagrande, R. A. (2022). Comparison of macroscopy, histopathology and PCR for diagnosing *Eimeria* spp. In broiler chickens. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 42(1), 1-8. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6968>
- Barrero, M. A. O., Borsoi, A., Sierra, L. M. P., & López, M. V. (2021). Cama de aves de corral un factor importante en la seguridad alimentaria. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 230-250. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1451>
- Bedford, M. R., & Apajalahti, J. H. (2022). The influence of nutrition on intestinal disease with emphasis on coccidiosis. *Avian Pathology*, 51(6), 504-520. <https://doi.org/10.1080/03079457.2022.2098692>
- Benarbia, M. el A., Gaignon, P., Manoli, C., & Chicoteau, P. (2022). Saponin-Rich Plant Premixture Supplementation Is as Efficient as Ionophore Monensin Supplementation Under Experimental *Eimeria* spp Challenge in Broiler Chicken. *Frontiers in Veterinary Science*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.946576>
- Bharti, P., Tanveer, S., Wani, Z. A., Rather, S. A., & Parray, Z. A. (2025). Insight into poultry coccidiosis: A dual focus on anticoccidial drugs and herbal plants for pharmacological and prevention strategies. *Journal of Parasitic Diseases*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s12639-025-01805-3>
- Bortoluzzi, C., Lahaye, L., Oxford, J., Detzler, D., Eyng, C., Barbieri, N. L., Santin, E., & Kogut, M. H. (2021). Protected Organic Acid and Essential Oils for Broilers Raised Under Field Conditions: Intestinal Health Biomarkers and Cecal Microbiota. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.722339>
- Campos, P. M., Miska, K. B., Jenkins, M. C., Yan, X., & Proszkowiec-Weglarz, M. (2023). Effects of *Eimeria acervulina* infection on the luminal and mucosal microbiota of the duodenum and jejunum in broiler chickens. *Frontiers in Microbiology*, 14(1), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1147579>
- Cevallos, A. L. (2024). *Presencia de Eimeria spp. En Gallus domesticus comerciales en las provincias de Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/166098>

- Chaudhary, S., Rokade, J. J., Aderao, G. N., Singh, A., Gopi, M., Mishra, A., & Raje, K. (2018). Saponin in Poultry and Monogastric Animals: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(7), 3218-3225. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.375>
- Choi, J., Ko, H., Tompkins, Y. H., Teng, P.-Y., Lourenco, J. M., Callaway, T. R., & Kim, W. K. (2021). Effects of *Eimeria tenella* Infection on Key Parameters for Feed Efficiency in Broiler Chickens. *Animals*, 11(12), 3428. <https://doi.org/10.3390/ani11123428>
- CONAVE. (2025). *Información Sector Avícola Público—CONAVE*. <https://conave.org/informacion-sector-avicola-publico/>
- Dai, Z., Wang, H., Liu, J., Zhang, H., Li, Q., Yu, X., Zhang, R., & Yang, C. (2023). Comparison of the Effects of *Yucca saponin*, *Yucca schidigera*, and *Quillaja saponaria* on Growth Performance, Immunity, Antioxidant Capability, and Intestinal Flora in Broilers. *Animals*, 13(9), 1447. <https://doi.org/10.3390/ani13091447>
- Deng, F., Tang, S., Zhao, H., Zhong, R., Liu, L., Meng, Q., Zhang, H., & Chen, L. (2023). Combined effects of sodium butyrate and xylo-oligosaccharide on growth performance, anti-inflammatory and antioxidant capacity, intestinal morphology and microbiota of broilers at early stage. *Poultry Science*, 102(5), 102585. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102585>
- Díaz, M. M. (2019). *Factores ambientales y de manejo que afectan la salud y la conversión en el pollo Ross-Ap*. [Tesis de pregrado, Universidad de Pamplona]. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5895>
- Elanco. (2019). *Diagnóstico de la coccidiosis: Identificación, valoración y recuento*. aviNews, la revista global de avicultura. <https://avinews.com/diagnostico-de-la-coccidiosis-identificacion-valoracion-y-recuento/>
- Elanco. (2020). *Guía de evaluación HTSiTM*.
- El-Shall, N. A., Abd El-Hack, M. E., Albaqami, N. M., Khafaga, A. F., Taha, A. E., Swelum, A. A., El-Saadony, M. T., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., AbuQamar, S. F., El-Tarabily, K. A., & Elbestawy, A. R. (2021). Phytochemical control of poultry coccidiosis: A review. *Poultry Science*, 101(1), 101542. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101542>
- El-Shall, N. A., Abd El-Hack, M. E., Albaqami, N. M., Khafaga, A. F., Taha, A. E., Swelum, A. A., El-Saadony, M. T., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., AbuQamar, S. F., El-Tarabily, K. A., & Elbestawy, A. R. (2022). Phytochemical control of poultry coccidiosis: A review. *Poultry Science*, 101(1), 101542. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101542>

- Farkas, V., Csitári, G., Menyhárt, L., Such, N., Pál, L., Husvéth, F., Rawash, M. A., Mezőlaki, Á., & Dublec, K. (2022). Microbiota Composition of Mucosa and Interactions between the Microbes of the Different Gut Segments Could Be a Factor to Modulate the Growth Rate of Broiler Chickens. *Animals*, 12(10), 1296. <https://doi.org/10.3390/ani12101296>
- Galamatis, D., Panitsidis, I., Mantzios, T., Sioutas, G., Stylianaki, I., Papadopoulos, E., Raj, J., Vasiljević, M., Bošnjak-Neumüller, J., Blake, D., Tsiouris, V., & Giannenas, I. (2025). Assessment of a Natural Phytobiotic Mixture as Feed Additive for Broiler Chicken: Studies on Animal Performance, Gut Health, and Antioxidant Status After Experimental Infection with *Eimeria* spp. *Poultry*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/poultry4010004>
- Garcés, J., Merino, R., & Cevallos, A. (2018). Litter reuse reduces *Eimeria* spp oocyst counts and improves the performance in broiler chickens reared in a tropical zone in Ecuador. *European Poultry Science (EPS)*, 82(1), 1-9. <https://doi.org/10.1399/eps.2018.220>
- García, J. L. V. (2018). *Valoración de la Integridad Intestinal*. Avinews. <https://avinews.com/valoracion-de-la-integridad-intestinal-en-avicultura/#:~:text=Las heces se presentan como,al día por los pollos.>
- Gazoni, F., Stefanello, C., Santos, H., & Boiago, H. (2025). (PDF) Monitoring Avian Coccidiosis Incidence in Broiler Farms in Brazil: Integrating *Eimeria* sp. Lesion Scoring with Direct Micro-Quantification of *E. maxima* Oocysts. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 27(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2024-1994>
- Góngora-Chi, G. J., Lizardi-Mendoza, J., López-Franco, Y. L., López-Mata, M. A., Quihui-Cota, L., Góngora-Chi, G. J., Lizardi-Mendoza, J., López-Franco, Y. L., López-Mata, M. A., & Quihui-Cota, L. (2023). Métodos de extracción, funcionalidad y bioactividad de saponinas de *Yucca*: Una revisión. *Biocencia*, 25(1), 147-155. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v25i1.1800>
- Györke, A., Pop, L., & Vasile, C. (2023). Prevalence and distribution of *Eimeria* species in broiler chicken farms of different capacities. *Parasite*, 20(1), 50. <https://doi.org/10.1051/parasite/2013052>
- Javanmiri, E., Rahimi, S., Karimi Torshizi, M. A., Nabiyan, S., Behnamifar, A., & Grimes, J. (2024). Comparison of the effect of anticoccidial drug, probiotic, synbiotic, phytochemicals and vaccine in prevention and control of coccidiosis in broiler chickens challenged with *Eimeria* spp. *Poultry Science*, 103(12), 104357. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104357>
- Johnstone, K. F., & Herzberg, M. C. (2022). Antimicrobial peptides: Defending the mucosal epithelial barrier. *Frontiers in Oral Health*, 3, 958480. <https://doi.org/10.3389/froh.2022.958480>

- Keyhanazar, K. (2020). Coccidiosis and Its Prevalence in Broiler Poultry. *Archives of Pharmacy Practice*, 11(1-2020), Article 1-2020. <https://archivepp.com/article/coccidiosis-and-its-prevalence-in-broiler-poultry>
- LALLEMAND. (2023). *Cuadro de puntuación de excrementos de pollos de engorde*. ANIMAL, LALLEMAND NUTRITION. <https://www.lallemandanimalnutrition.com/en/united-kingdom-ireland/resources/poultry-droppings-scorecard>
- Lingens, J. B., Abd El-Wahab, A., Ahmed, M. F. E., Schubert, D. C., Sürrie, C., & Visscher, C. (2021). Effects of Early Nutrition of Hatched Chicks on Welfare and Growth Performance: A Pilot Study. *Animals*, 11(10), 2888. <https://doi.org/10.3390/ani11102888>
- Liu, K., He, Y., Xu, B., Lin, L., Chen, P., Iqbal, M. K., Mehmood, K., & Huang, S. (2023). Leg disorders in broiler chickens: A review of current knowledge. *Animal Biotechnology*, 34(9), 5124-5138. <https://doi.org/10.1080/10495398.2023.2270000>
- López, M. A. (2022). *Evaluación del efecto anticoccidial de la saponina de alfalfa (Medicago sativa L.) adicionada en la dieta de pollos de engorde* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36400>
- Madlala, T., Okpeku, M., & Adeleke, M. A. (2021). Understanding the interactions between Eimeria infection and gut microbiota, towards the control of chicken coccidiosis: A review. *Parasite*, 28(48), 1-10. <https://doi.org/10.1051/parasite/2021047>
- Mesa, C., Navarro, J. L., López, S., Chaparro, J. J., & Gómez, L. M. (2021a). Chicken Coccidiosis: From the Parasite Lifecycle to Control of the Disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 787653. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.787653>
- Mesa, C., Navarro, J. L., López, S., Chaparro, J. J., & Gómez, L. M. (2021b). Chicken Coccidiosis: From the Parasite Lifecycle to Control of the Disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(1), 787653. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34993246/>
- Muthamilselvan, T., Kuo, T.-F., Wu, Y.-C., & Yang, W.-C. (2019). Herbal Remedies for Coccidiosis Control: A Review of Plants, Compounds, and Anticoccidial Actions. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016(1), 2657981. <https://doi.org/10.1155/2016/2657981>
- Nguyen, T. N. D., Le, H. N., Pham, V. V., Eva, P., Alberto, F., & Le, T. H. (2021). Relationship between the ratio of villous height: crypt depth and gut bacteria counts as well production parameters in broiler chickens. *The Journal of Agriculture and Development*, 20(3), 1-10. <https://doi.org/10.52997/jad.1.03.2021>

- Noack, S., Chapman, H. D., & Selzer, P. M. (2019). Anticoccidial drugs of the livestock industry. *Parasitology Research*, 118(7), 2009-2026. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06343-5>
- nutriNews. (2020). *Valoración de la Integridad Intestinal en aves*. nutriNews, la revista de nutrición animal. <https://nutrinews.com/valoracion-de-la-integridad-intestinal-en-aves/>
- Oelschlager, M. L., Rasheed, M. S. A., Smith, B. N., Rincker, M. J., & Dilger, R. N. (2019). Effects of *Yucca schidigera*-derived saponin supplementation during a mixed *Eimeria* challenge in broilers. *Poultry Science*, 98(8), 3212-3222. <https://doi.org/10.3382/ps/pez051>
- Olfati, Z., Shariatmadari, F., Torshizi, M. A. K., Ahmadi, H., Sharafi, M., & Bedford, M. R. (2021). Effects of gelatin as an alternative protein source and mono-component protease supplementation on growth performance, viscosity, digestibility and microbial population of ileal digesta, digestive tract traits and gut morphology of broiler chickens. *Livestock Science*, 244, 104326. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104326>
- Omolere, A., & Alagbe, J. (2020). Probiotics and Medicinal Plants in Poultry Nutrition: A Review. *International Journal of Family Medicine and Primary Care*, 1(4), 1020.
- Osho, S. O., & Adeola, O. (2020). Chitosan oligosaccharide supplementation alleviates stress stimulated by in-feed dexamethasone in broiler chickens. *Poultry Science*, 99(4), 2061-2067. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.047>
- Pal, M., Rebuma, T., & Tolosa, T. (2024). Avian Coccidiosis: A Major Parasitic Disease of Poultry Industry. *International Journal of Livestock Research*, 14(1), 1-7. https://ijlr.org/ojs_journal/index.php/ijlr/article/view/286
- Paneru, D., Tellez-Isaias, G., Arreguin-Nava, M. A., Romano, N., Bottje, W. G., Asiamah, E., Abdel-Wareth, A. A. A., & Lohakare, J. (2023). Effect of fenugreek seeds and Bacillus-based direct-fed microbials on the growth performance, blood biochemicals, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1298587>
- Peek, H., Ploeg, J., Vermeulen, B., & Landman, W. J. M. (2019). Dietary protease can alleviate negative effects of a coccidiosis infection on production performance in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 150 (2009) 1-2, 150(1), 1. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.08.006>
- Peek, S. F., Mcguirk, S. M., Sweeney, R. W., & Cummings, K. J. (2018). Infectious Diseases of the Gastrointestinal Tract. *Rebhun's Diseases of Dairy Cattle*, 249-356. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39055-2.00006-1>

- Plaatjie, M., Onyiche, T., Legoabe, L., Ramatla, T., Nyembe, N., Suganuma, K., & Thekiso, O. (2023). Medicinal plants as potential therapeutic agents for trypanosomiasis: A systematic review. *Advances in Traditional Medicine*, 23(4), 1011-1033. <https://doi.org/10.1007/s13596-022-00662-2>
- Pomboza, P., Guerrero-López, R., Guevara-Freire, D., & Rivera, V. (2018). Granjas avícolas y autosuficiencia de maíz y soya: Caso Tungurahua-Ecuador. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 28(51), 0-0. <https://doi.org/10.24836/es.v28i51.511>
- Rodríguez, I., Honorio, C., Ramírez, J., León, Z., & Alarcón, W. (2019). Efecto de un anticoccidial natural a base de saponinas de *Yucca schidigera* y *Trigonella foenum-graecum* sobre el control de coccidiosis en pollos de carne. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), Article 3. <https://doi.org/10.15381/rivpep.v30i3.16597>
- Saeed, Z., & Alkheraije, K. A. (2023). Botanicals: A promising approach for controlling cecal coccidiosis in poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1157633. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1157633>
- Salem, H. M., Saad, A. M., Soliman, S. M., Selim, S., Mosa, W. F. A., Ahmed, A. E., Al Jaouni, S. K., Almuhayawi, M. S., Abd El-Hack, M. E., El-Tarabily, K. A., & El-Saadony, M. T. (2023). Ameliorative avian gut environment and bird productivity through the application of safe antibiotics alternatives: A comprehensive review. *Poultry Science*, 102(9), 102840. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102840>
- Salvi, P. S., & Cowles, R. A. (2021). Butyrate and the Intestinal Epithelium: Modulation of Proliferation and Inflammation in Homeostasis and Disease. *Cells*, 10(7), 1775. <https://doi.org/10.3390/cells10071775>
- Sánchez, C., Castañeda-Gómez del Campo, J. A., Trejo-Castro, L., Mendoza-Martínez, G. D., & Gloria-Trujillo, A. (2019). Evaluation of a Feed Plant Additive for Coccidiosis Control in Broilers Herbals for Coccidiosis Control. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(1), 1-6. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0846>
- Silva, J. T. da, Alvares, F. B. V., Lima, E. F. de, Silva Filho, G. M. da, Silva, A. L. P. da, Lima, B. A., Feitosa, T. F., & Vilela, V. L. R. (2022). Prevalence and diversity of *Eimeria* spp. in free-range chickens in northeastern Brazil. *Frontiers in Veterinary Science*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1031330>

- Sobue, V., Vidotti, A. P., Piedade, A. R., Mascarenhas, L. J. S., & Vulcani, V. A. S. (2025). Prevalence of *Eimeria* Spp. In *Birds: Challenges and Sustainable Control Strategies*. *ARACÊ*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.56238/arev7n1-180>
- Sol, C., & Horta, F. (2024). PEPTASAN para los pollos desafiados con *EIMERIA* SPP. *nutriNews, la revista de nutrición animal*. <https://nutrinews.com/peptasan-pollos-desafiados-eimeria-spp/>
- Soutter, F., Werling, D., Kim, S., Pastor-Fernández, I., Marugán-Hernández, V., Tomley, F. M., & Blake, D. P. (2021). Impact of *Eimeria tenella* Oocyst Dose on Parasite Replication, Lesion Score and Cytokine Transcription in the Caeca in Three Breeds of Commercial Layer Chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.640041>
- Stefanello, C., Moreira, B., Gräf, W. M., Robalo, S., Costa, S. T., Vieira, I. M., & Miranda, D. J. (2022). Effects of a proprietary blend of Quillaja and Yucca on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal measurements of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 31(2), 100251. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100251>
- Taira, K., Nagai, T., Obi, T., & Takase, K. (2014). Effect of Litter Moisture on the Development of Footpad Dermatitis in Broiler Chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*, 76(4), 583-586. <https://doi.org/10.1292/jvms.13-0321>
- Timilsena, Y. P., Phosanam, A., & Stockmann, R. (2023). Perspectives on Saponins: Food Functionality and Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/ijms241713538>
- Tomal, F., Sadrin, G., Gaboriaud, P., Guitton, E., Sedano, L., Lallier, N., Rossignol, C., Larcher, T., Rouille, E., Ledevin, M., Guabiraba, R., Silvestre, A., Lacroix-Lamandé, S., Schouler, C., Laurent, F., & Bussi re, F. I. (2023). The caecal microbiota promotes the acute inflammatory response and the loss of the intestinal barrier integrity during severe *Eimeria tenella* infection. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1250080>
- Tuck, S., Furey, A., & Danaher, M. (2016). Analysis of Anthelmintic and Anticoccidial Drug Residues in Animal-Derived Foods. En *Chemical Analysis of Non-antimicrobial Veterinary Drug Residues in Food* (pp. 245-309). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118696781.ch5>
- Whitehead, A. B. R., Butcher, G. D., Walden, H. S., Duque, V., Cruz, M., & Hernandez, J. A. (2018). Burden of exposure to infectious bursal disease virus, infectious bronchitis virus, Newcastle

disease virus, *Mycoplasma gallisepticum*, and intestinal parasites in introduced broiler chickens on the Galapagos. *PloS One*, 13(9), e0203658. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203658>

Wickramasuriya, S. S., Park, I., Lee, K., Lee, Y., Kim, W. H., Nam, H., & Lillehoj, H. S. (2022). Role of Physiology, Immunity, Microbiota, and Infectious Diseases in the Gut Health of Poultry. *Vaccines*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/vaccines10020172>

Wina, E. (2018). The Role of Saponin as Feed Additive for Sustainable Poultry Production. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 27(1), 117. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v27i3.1588>

Xu, T., Yue, K., Zhang, C., Tong, X., Lin, L., Cao, Q., & Huang, S. (2022). Probiotics Treatment of Leg Diseases in Broiler Chickens: A Review. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 14(3), 415-425. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09869-2>


Yatoo, M. I., Gopalakrishnan, A., Saxena, A., Parray, O. R., Tufani, N. A., Chakraborty, S., Tiwari, R., Dhama, K., & Iqbal, H. M. N. (2018). Anti-Inflammatory Drugs and Herbs with Special Emphasis on Herbal Medicines for Countering Inflammatory Diseases and Disorders—A Review. *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery*, 12(1), 39-58. <https://doi.org/10.2174/1872213X12666180115153635>

Youssef, I. M. I., Abdel-Razik, A. H., Aboelhadid, S. M., Arafa, W. M., Shany, S. A., & Abdel-Daim, A. S. A. (2021). Comparative Effects of Dietary Saponin and Probiotic Supplementation on Performance, Carcass Traits and Intestinal Histomorphology of Broilers Challenged with *Eimeria tenella*. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 11(1), 147-159. https://ijas.rasht.iau.ir/article_680402.html

Zavala, C., Icochea, E., Cribillero, N., & Molina, D. (2018). La combinación salinomicina/nicarbazina como anticoccidial en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(3), Article 3. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i3.14759>






10. Anexos

Anexo A: Sistema de puntuación dado por Welfare Quality, sobre calidad de cama en pollos broilers.

Escala de puntuación	Interpretación de la escala	
0	Completamente seca y escamosa, libertad de movimiento.	
1	Seca, pero no existe facilidad de movimiento.	
2	Deja huella del pie y se formara una bola al compactarse.	
3	Se adhiere al calzado y se forma una bola al compactarse.	
4	Tiene mayor adherencia al calzado y al compactarse se puede romper la capa.	




Fuente: (Adler et al., 2021)

Anexo B: Sistema de puntuación sobre calidad de la cama y cloaca en pollos de engorde para determinar estado de salud intestinal.

Escala de Puntuación en heces	Interpretación de la escala	
1	Heces bien formadas, firmes.	
2	Heces bien formadas, más suaves y redondas	
3	Heces semilíquidas, ligeramente acuosas, pero presente firmeza.	
4	Heces en su mayoría líquidas, ligeramente firmes.	
5	Heces completamente acuosas	
Estado de cloaca	Interpretación	
Si/No	Presencia o no de heces alrededor.	



Fuente: (LALLEMAND, 2023)

Anexo C: Presencia de lesión a nivel de cojinete plantar relacionado sobre la calidad de la cama en pollos broilers.

Lesión del cojinete plantar	Calificación	
Sin lesiones	0 – ninguna lesión	
Lesión leve	1 – decoloración del cojinete plantar, lesiones superficiales y papilas oscuras.	
Lesiones severas	2 – úlceras o costras, signos de hemorragia.	



Fuente: (Elanco, 2020)

Anexo D: Determinación de la presencia de articulación tibiotarsiana inflamada

Articulación tibiotarsiana inflamada	Características	Imagen de referencia
(0) Ausencia	Normal	 <i>Normal</i>
(1) Presencia	Inflamación de articulación, con una coloración roja o verde	 <i>Inflamado</i>

Fuente:(Elanco, 2020)

Anexo E: Valoración de la presencia de heces con o sin sangre durante el estudio

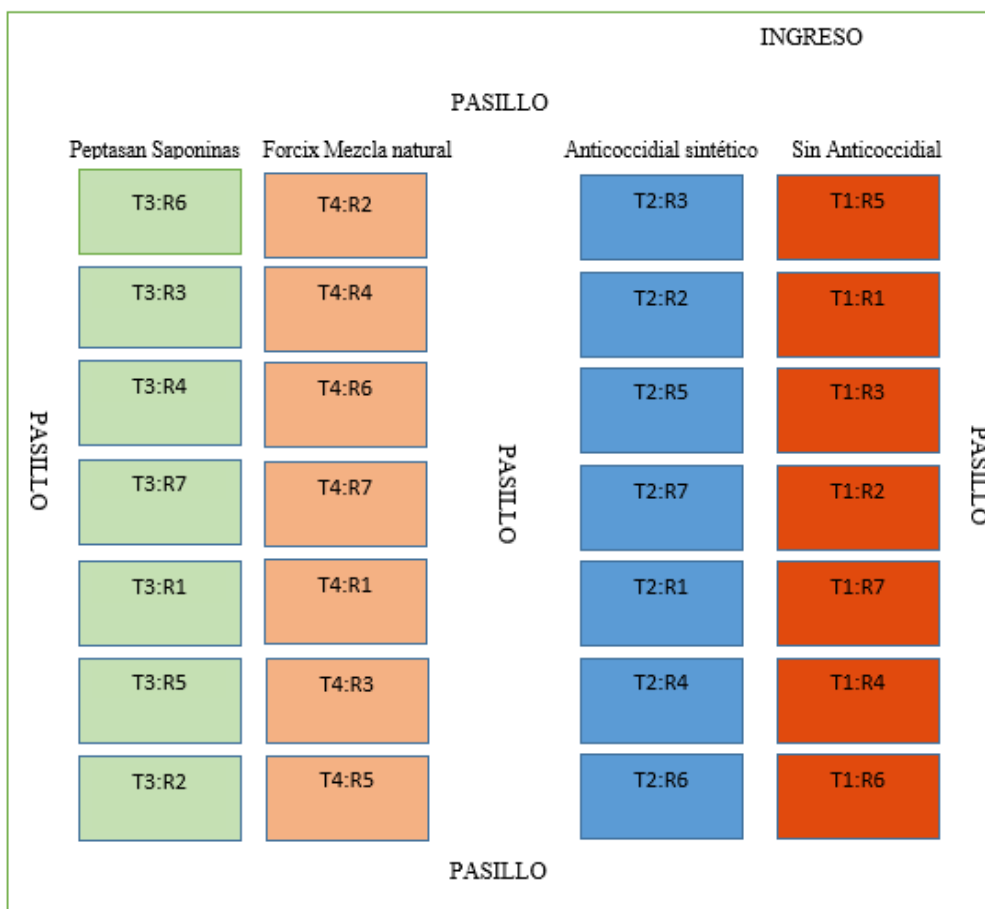
Sangre en heces fecales	Descripción	Imagen de Referencia
Excrementos fecales normales	Heces más fluidas y de color marrón, con un aspecto pastoso.	
Excrementos fecales con sangre	Se deben a la coccidiosis cecal	

Fuente: (García, 2018)

Anexo F: ANOVA de Conteo (huevos/g heces)

Anexo G: ANOVA de Conteo (huevos/g heces)

Anexo H: Diseño experimental



Anexo I: ANOVA de Conteo (huevos/g heces)

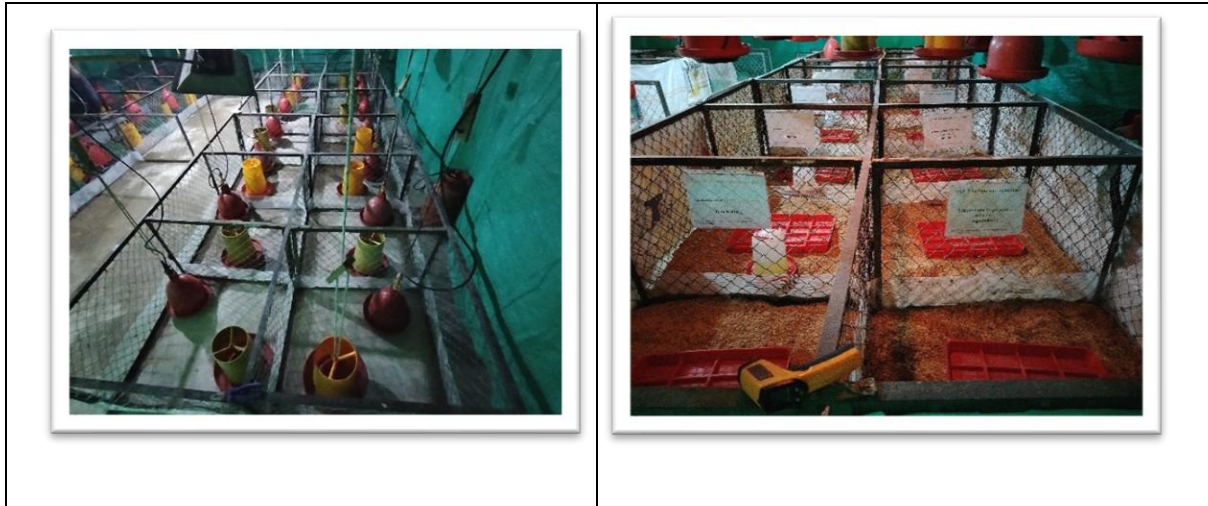
Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1584887416,67	5	316977483,33	1,56	0,1863
Tratamiento	467262166,67	3	155754055,56	0,77	0,5170
Sección Intestinal	1117625250,00	2	558812625,00	2,76	0,0726
Error	10953056083,33	54	202834371,91		
Total	12537943500,00	59			

Anexo J: ANOVA profundidad de criptas por sección intestinal

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	399953,37	6	66658,89	30,03	<0,0001
Tratamiento	8944,70	3	2981,57	1,34	0,2625
Sección Intestinal	391217,33	3	130405,78	58,75	<0,0001
Error	339624,79	153	2219,77		
Total	739578,16	159			

Anexo K: Preparación limpieza y organización de las unidades experimentales.





Anexo L: Recepción de pollitos de 1 día de edad, pesaje, valoración y colocados aleatoriamente en las unidades experimentales.

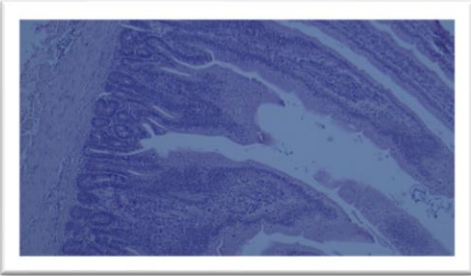
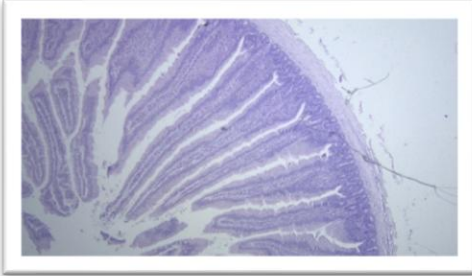
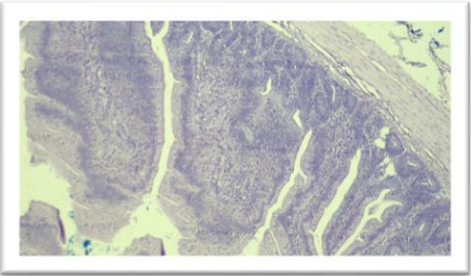
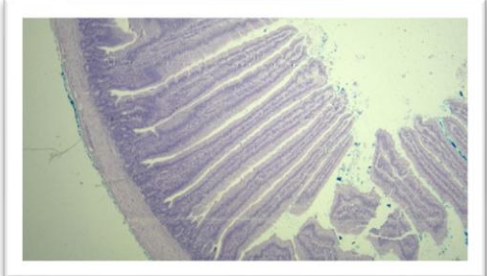
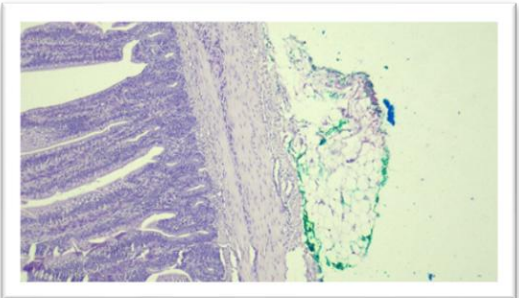
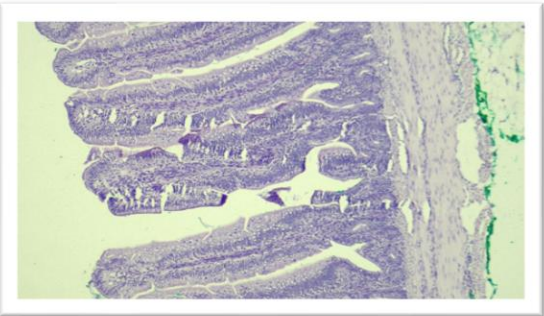
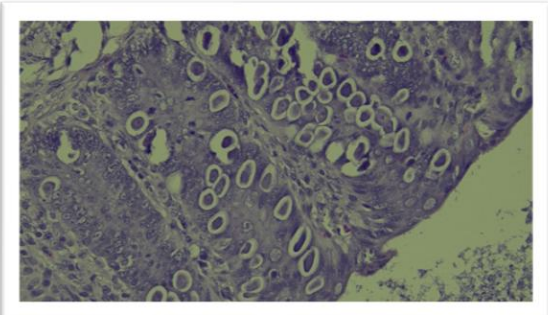
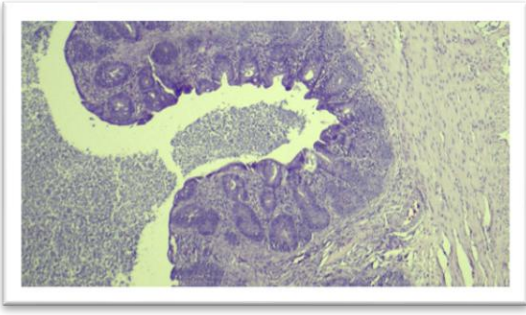




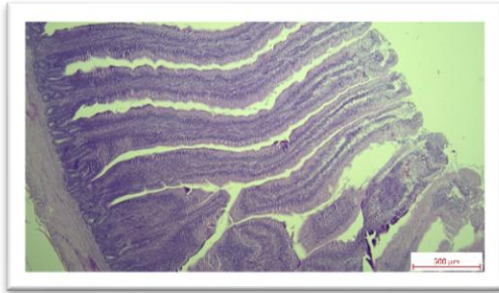
Anexo M: Vacunación de los pollitos al día correspondiente contra Newcastle y Gumboro.



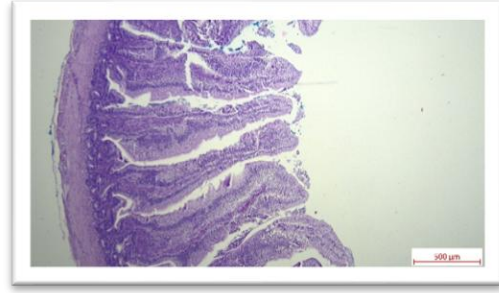
Anexo N: Observación de las vellosidades intestinales día 21 y 42.

Día 21	
Duodeno Criptas	Duodeno Vellosidades
	
Yeyuno Criptas	Yeyuno vellosidades
	
Ileon Criptas	Ileon Vellosidades
	
Ciego coccidia	Ciego
	
Día 42	

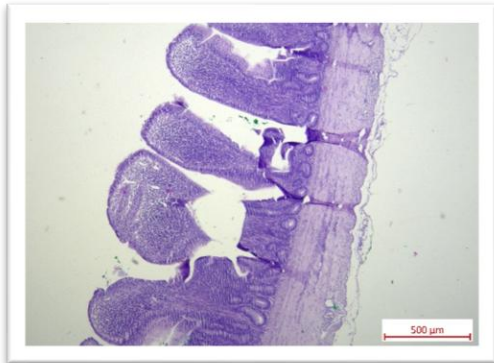
T1R2 Duodeno itis 1



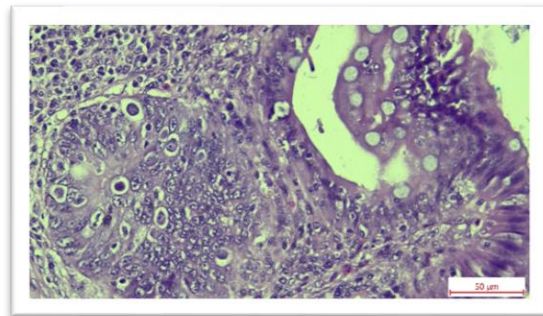
T1R2 Yeyuno itis 1



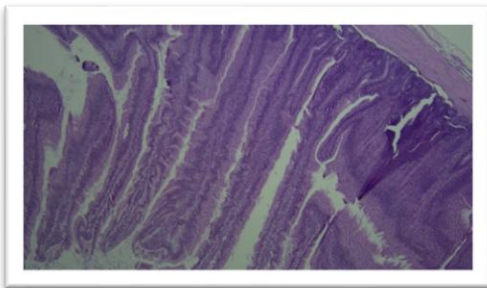
T1R2 Íleon itis 2



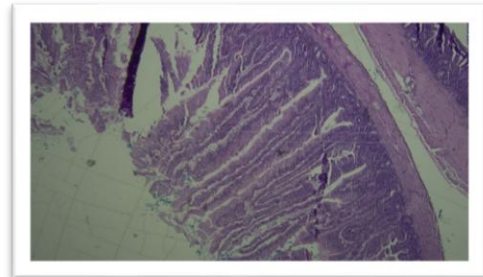
T2R2 Ave 1 Ciego coccidias



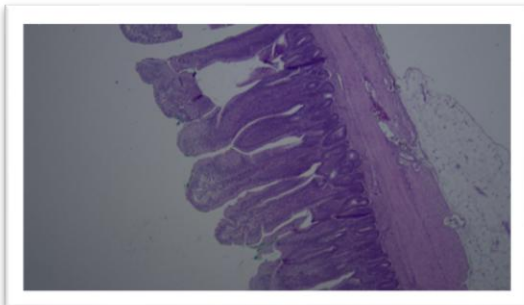
T3R3 Duodeno



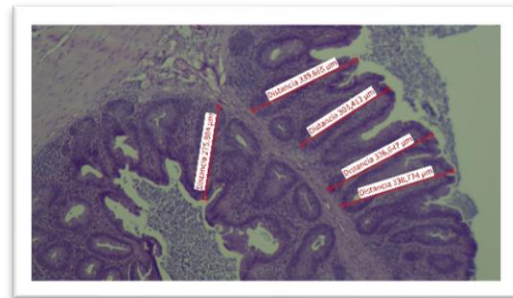
T3R1 Yeyuno

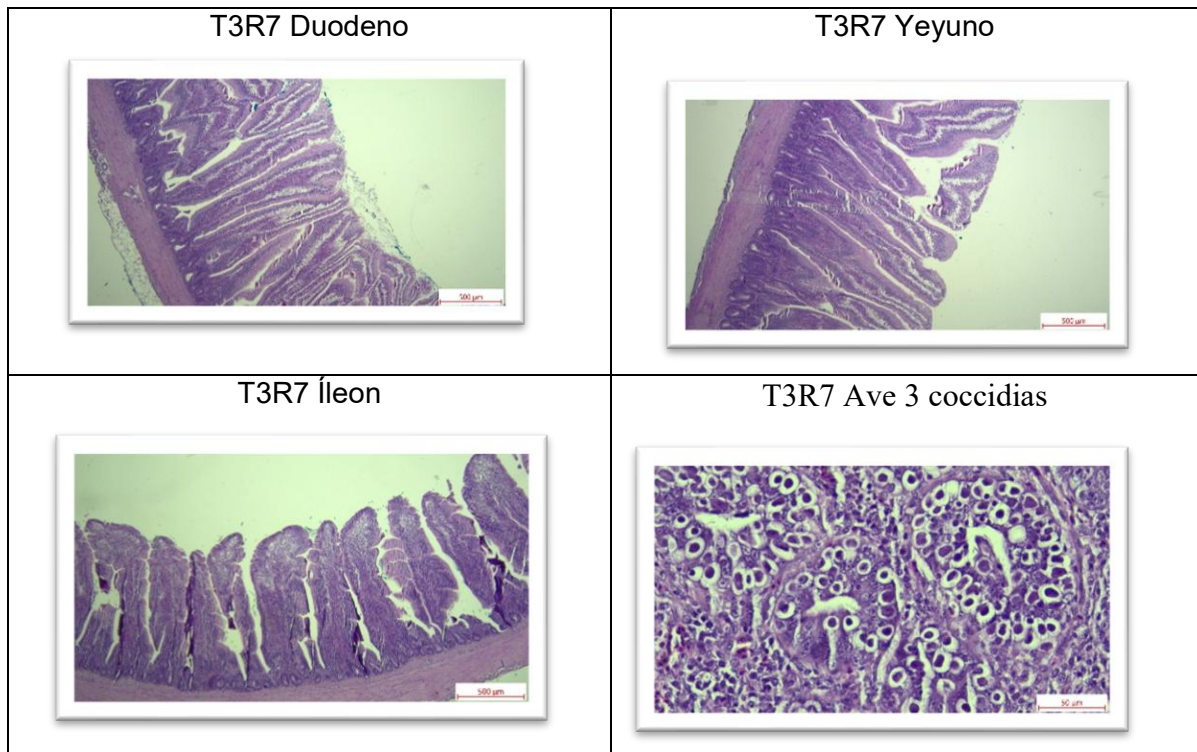


T3R3 Íleon

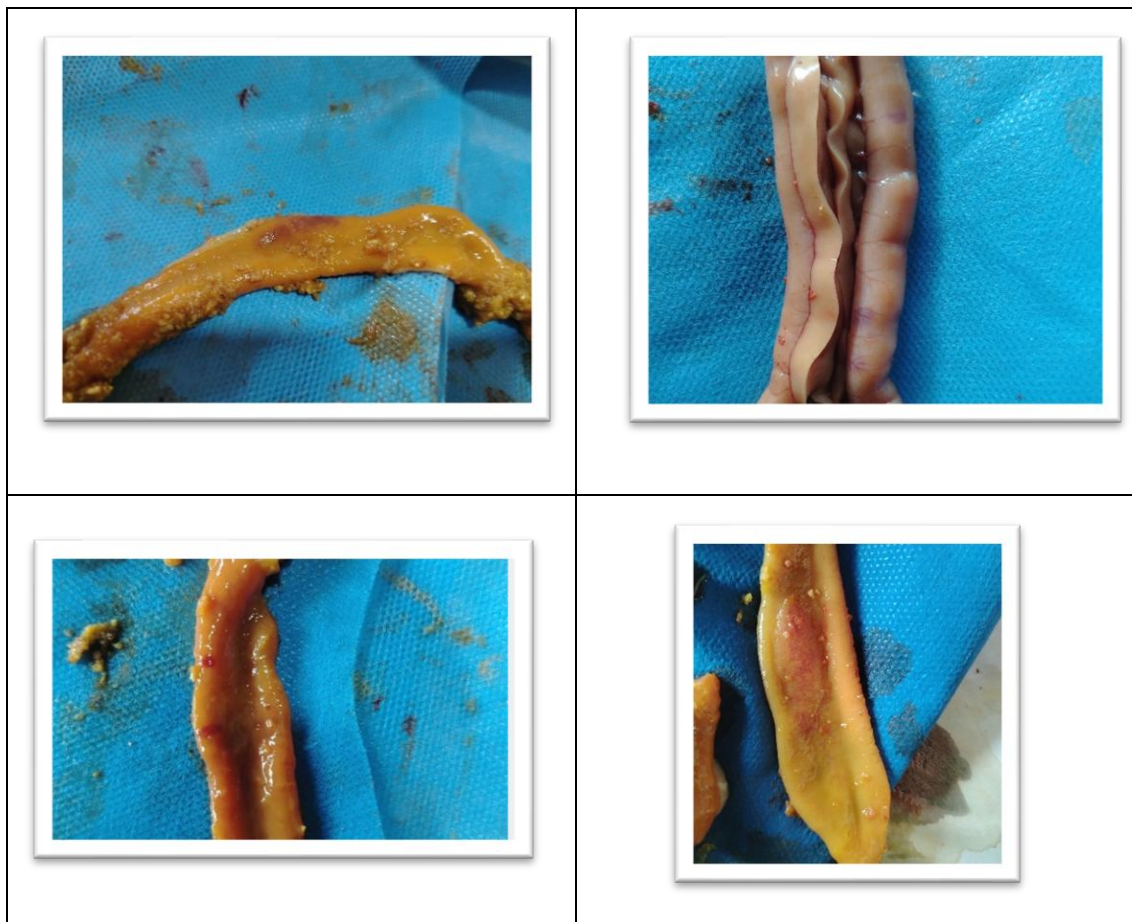


T3R3 Ave 1 Ciego





Anexo O: Lesiones encontradas macroscópicamente.





Anexo P: Registro semanal de valoración de Cama, Heces, Cloaca, Presencia de heces con sangre.

REGISTRO DE TOMA DE DATOS																	
Repeticiones	T1 Control negativo Dieta basal sin anticoccidiales					T2 Control positivo: Dieta basal + programa anticoccidial					T3 Dieta basal + Fuentes: Peptasan			T4 Dieta basal + Fuente: Forcix PY LS			
	Observaciones	Calidad de cama	Calidad de heces	Estado de la cloaca	Presencia de Sangre	Calidad de cama	Calidad de heces	Estado de la cloaca	Presencia de Sangre	Calidad de cama	Calidad de heces	Estado de la cloaca	Presencia de Sangre	Calidad de cama	Calidad de heces	Estado de la cloaca	Presencia de Sangre
R1																	
R2																	
R3																	
R4																	
R5																	
R6																	
R7																	

Sistema de puntuación: Calidad de cama

Score (0-4)

1. completamente seca y escamosa libertad de movimiento
2. Seca, pero no existe facilidad de movimiento
3. Deja huella de pie y se formara una bola al compactarse
4. Se adhiere al calzado y se forma una bola al compactarse
5. Tiene mayor adherencia al calzado y al compactarse se puede romper la capa

Cloaca: Presencia o no de heces alrededor (Si o No)

Sangre en Heces: (Si o No)

Sistema de puntuación: Calidad de Heces

Score (1-5)

1. Bien formadas, firmes.
2. Bien formadas, más suaves y redondas.
3. Semilíquidas ligeramente acuosas, pero presenta firmeza
4. En su mayoría líquidas, ligeramente firmes.
5. Completamente acuosas.

Anexo Q: Valoración de la cama, heces, estado de la cloaca, presencia de sangre en Heces.





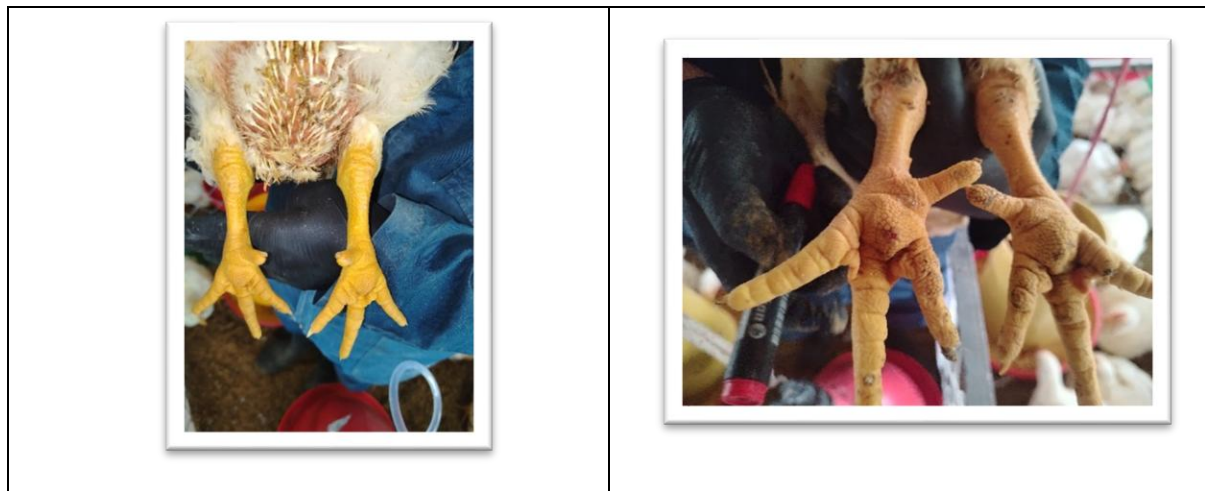


Anexo R: Registro semanal de la Valoración del Cojinete Plantar y Articulación Tibiotarsiana.

REGISTRO DE DATOS										
Repeticiones	Score de evaluación		T1 Control negativo Dieta basal sin anticoccidiales		T2 Control positivo: Dieta basal + programa anticoccidial		T3 Dieta basal + Fuentes: Peptasan		T4 Dieta basal + Fuente: Forcix PY LS	
	Articulación Tibiotarsiana	cojinete plantar	Articulación Tibiotarsiana inflamada	Lesión del cojinete plantar	Articulación Tibiotarsiana inflamada	Lesión del cojinete plantar	Articulación Tibiotarsiana inflamada	Lesión del cojinete plantar	Articulación Tibiotarsiana inflamada	Lesión del cojinete plantar
R 1	(0-1)	(0-2)								
R2	(0-1)	(0-2)								
R3	(0-1)	(0-2)								
R4	(0-1)	(0-2)								
R5	(0-1)	(0-2)								
R6	(0-1)	(0-2)								
R7	(0-1)	(0-2)								

<p>Sistema de puntuación: articulación Tibiotarsiana inflamada.</p> <p>Score (0-1)</p> <ul style="list-style-type: none"> 0. Ausencia (Normal) 1. Presencia (Inflamación de la articulación "Roja o Verde" 	<p>Sistema de puntuación: Presencia de lesión sobre el cojinete plantar.</p> <p>Score (0-2)</p> <ul style="list-style-type: none"> 0. Ninguna lesión 1. Decoloración del cojinete plantar, lesiones superficiales y papilas oscuras 2. Ulceras o costras, signos de hemorragia.
---	---

Anexo S: Valoración del Cojinete Plantar y Articulación Tibiotarsiana.







Anexo T: Vacunación de los pollitos con la vacuna viva no atenuada BIO COCCIVET R.

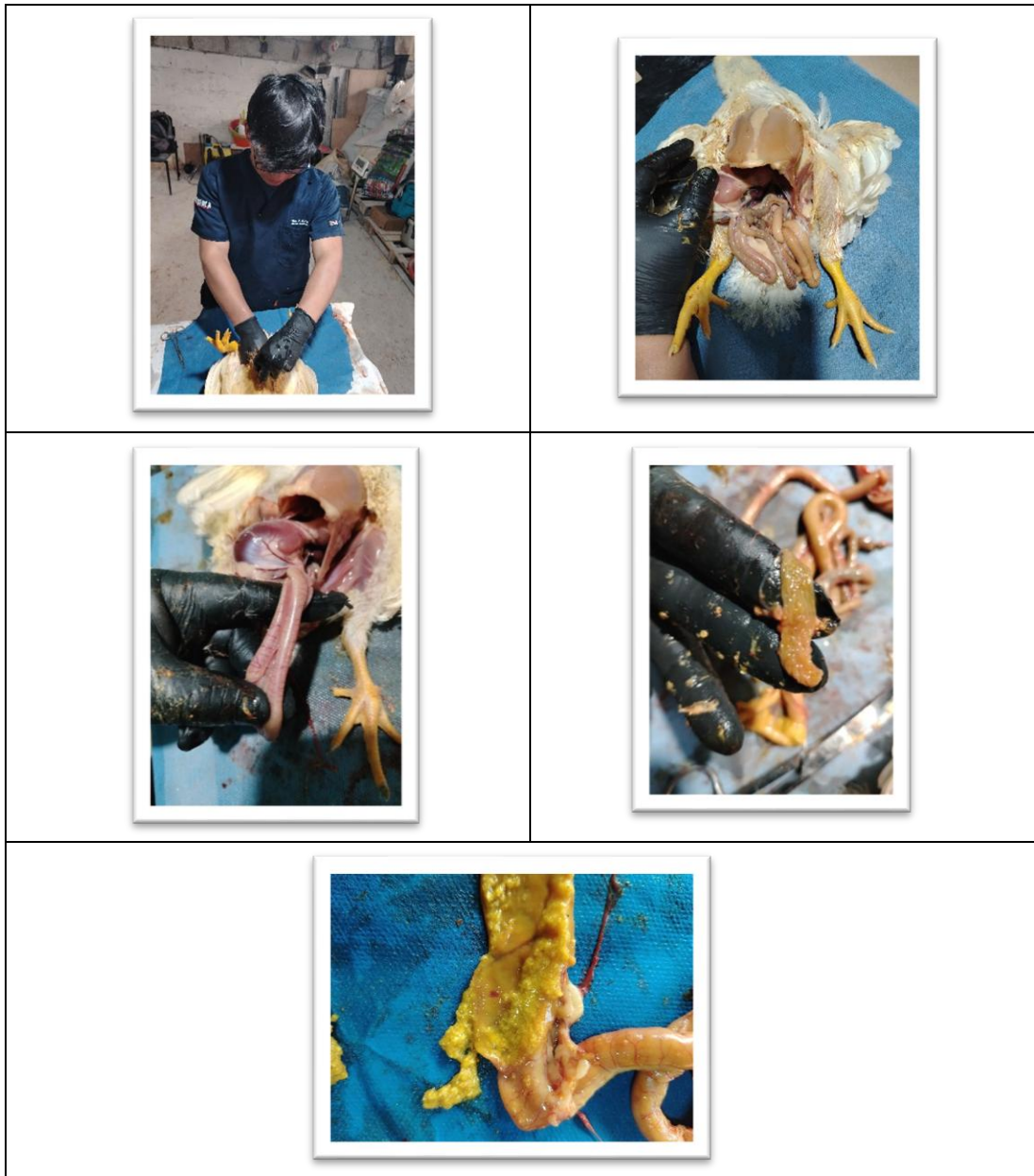
VACUNA VIVA ATENUADA CONTRA LA COCCIDIOSIS AVIAR.

BIO-COCCIVET consiste en una suspensión concentrada y atenuada de oocistos, donde cada dosis del producto contiene:

- *Eimeria tenella*: 0,1 a 0,6 x 10⁶ oocistos;
- *Eimeria acervulina*: 0,1 a 0,6 x 10⁶ oocistos;
- *Eimeria maxima* 52: 0,6 a 2,6 x 10⁵ oocistos;
- *Eimeria maxima* 47: 0,6 a 2,6 x 10⁵ oocistos;
- *Eimeria maxima* 159: 0,6 a 2,6 x 10⁵ oocistos;
- *Eimeria mitis*: 0,1 a 0,5 x 10⁶ oocistos;
- *Eimeria praecox*: 0,1 a 0,5 x 10⁶ oocistos;

Aislado de campo en Brasil y multiplicado en aves libres de patógenos específicos (SPF - Specific Pathogen Free).

Anexo U: Necropsia para la recolección de muestras, contenido intestinal y observación macroscópica.

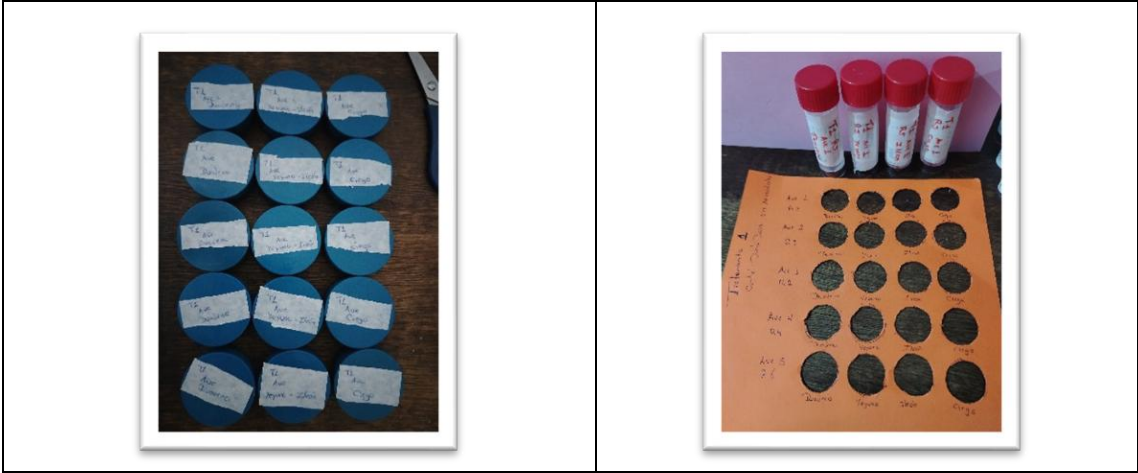


Anexo V: Materiales para la recolección de muestras.



Anexo W: Recolección y transporte de muestras histopatológicas.





Anexo X: Proceso cronológico de desarrollo de las aves.





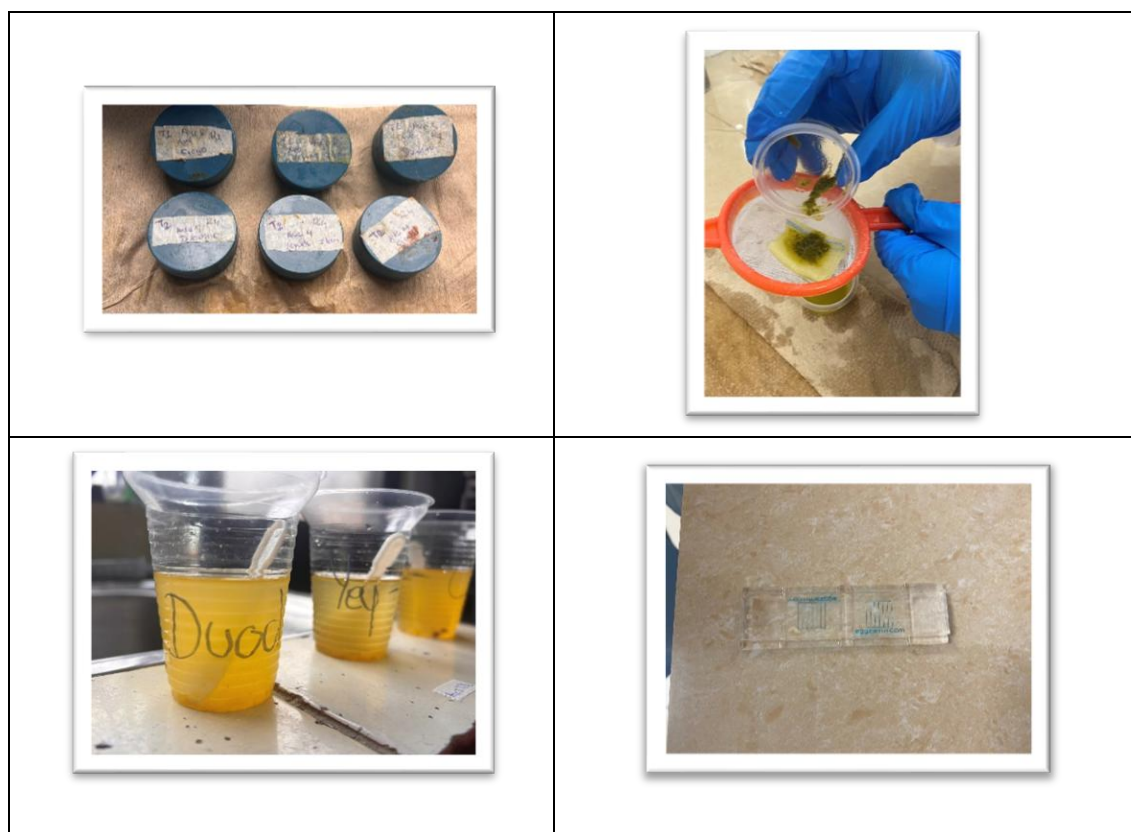
Anexo Y: Resultados de los análisis con la cámara McMaster.


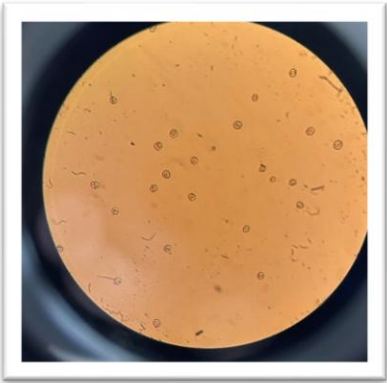
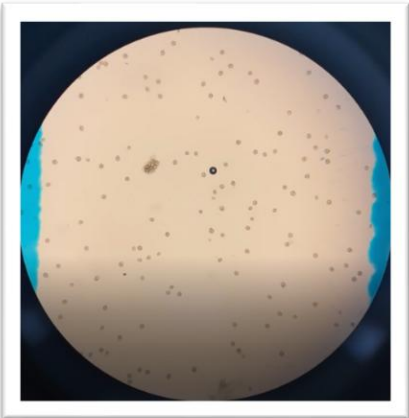
Código de la muestra	Identificación de campo de la muestra	Diagnóstico	Tipo de parásito observado	Nº de huevos observados en la cámara	Conteo Cámara McMaster
Ave 1 - T ₁ R ₅	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 1 - T ₁ R ₅	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 1 - T ₁ R ₅	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	277	13850 huevos / g heces
Ave 1 - T ₂ R ₂	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 1 - T ₂ R ₂	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 1 - T ₂ R ₂	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	107	5350 huevos / g heces
Ave 1 - T ₃ R ₃	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	6	300 huevos / g heces
Ave 1 - T ₃ R ₃	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	2	100 huevos / g heces
Ave 1 - T ₃ R ₃	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	37	1850 huevos / g heces
Ave 1 - T ₄ R ₂	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 1 - T ₄ R ₂	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 1 - T ₄ R ₂	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	14	700 huevos / g heces
Ave 2 - T ₁ R ₃	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	2	100 huevos / g heces
Ave 2 - T ₁ R ₃	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 2 - T ₁ R ₃	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	16	800 huevos / g heces
Ave 2 - T ₂ R ₅	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 2 - T ₂ R ₅	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 2 - T ₂ R ₅	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	2	100 huevos / g heces

Ave 2 - T ₃ R ₁	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	2	100 huevos / g heces
Ave 2 - T ₃ R ₁	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 2 - T ₃ R ₁	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	206	10300 huevos / g heces
Ave 2 - T ₄ R ₄	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	3	150 huevos / g heces
Ave 2 - T ₄ R ₄	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 2 - T ₄ R ₄	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	5	250 huevos / g heces
Ave 3 - T ₁ R ₂	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	67	3350 huevos / g heces
Ave 3 - T ₁ R ₂	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	6	300 huevos / g heces
Ave 3 - T ₁ R ₂	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	91	4550 huevos / g heces
Ave 3 - T ₂ R ₁	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	8	400 huevos / g heces
Ave 3 - T ₂ R ₁	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	4	200 huevos / g heces
Ave 3 - T ₂ R ₁	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	16	800 huevos / g heces
Ave 3 - T ₄ R ₁	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	3	150 huevos / g heces
Ave 3 - T ₄ R ₁	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 3 - T ₄ R ₁	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 3 - T ₃ R ₇	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 3 - T ₃ R ₇	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 3 - T ₃ R ₇	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	730	36500 huevos / g heces
Ave 4 - T ₁ R ₄	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₁ R ₄	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₁ R ₄	Ciego	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₂ R ₄	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₂ R ₄	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₂ R ₄	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	2140	107000 huevos / g heces
Ave 4 - T ₃ R ₅	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₃ R ₅	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 4 - T ₃ R ₅	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	25	1250 huevos / g heces
Ave 4 - T ₄ R ₆	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₄ R ₆	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 4 - T ₄ R ₆	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 5 - T ₁ R ₆	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----

Ave 5 - T ₁ R ₆	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 5 - T ₁ R ₆	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	53	2650 huevos / g heces
Ave 5 - T ₂ R ₆	Duodeno	Negativo	-----	-----	-----
Ave 5 - T ₂ R ₆	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 5 - T ₂ R ₆	Ciego	Negativo	-----	-----	-----
Ave 5 - T ₃ R ₆	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	9	450 huevos / g heces
Ave 5 - T ₃ R ₆	Yeyuno – Íleon	Positivo	<i>Coccidia</i>	2	100 huevos / g heces
Ave 5 - T ₃ R ₆	Ciego	Negativo	-----	-----	-----
Ave 5 - T ₄ R ₅	Duodeno	Positivo	<i>Coccidia</i>	1	50 huevos / g heces
Ave 5 - T ₄ R ₅	Yeyuno – Íleon	Negativo	-----	-----	-----
Ave 5 - T ₄ R ₅	Ciego	Positivo	<i>Coccidia</i>	2	100 huevos / g heces

Anexo Z: Procedimiento y observación de los ooquistes.



<p>Flotación</p> 	<p>Flotación</p> 
<p>McMaster</p> 	<p>McMaster</p> 