

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias de la Salud**

**Análisis sistemático del uso de fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis en pollos de engorde.**

**Geovanny Mateo Ramírez Encarnación**

**Medicina Veterinaria**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Médico Veterinario

Quito, 15 de mayo de 2024

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias de la Salud**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Análisis sistemático del uso de fitógenos como estrategia de control de la  
coccidiosis en pollos de engorde.**

**Geovanny Mateo Ramírez Encarnación**

**Nombre del profesor, Título académico      Rommel Lenin Vinueza, DMVZ, MSc, PhD**

Quito, 15 de mayo de 2024

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Geovanny Mateo Ramírez Encarnación

Código: 00212913

Cédula de identidad: 1751600360

Lugar y fecha: Quito, 15 de mayo de 2024

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutor, Lenin Vinuesa, por su valiosa ayuda y sus sugerencias constructivas y enriquecedoras, brindándome la guía necesaria para superar los desafíos y perfeccionar cada aspecto del presente proyecto.

A la Escuela de Medicina Veterinaria de la USFQ, donde tuve el privilegio de aprender de profesores dedicados y expertos en sus áreas, cuyo compromiso con la excelencia académica ha sido una inspiración constante.

## DEDICATORIA

A mis amados padres, Myrian y Geovanny, por su constante apoyo durante todo este proceso. Desde el inicio de este viaje, su inquebrantable fe en mí y su sacrificio ha sido mi mayor motivación. Su sabiduría, su integridad y su ejemplo de trabajo me han enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por haber confiado en aquel jovencito ilusionado con la Medicina Veterinaria. Seguiré trabajando para ser una mínima parte de lo buenos que son como personas y profesionales.

A mis hermanos, Jhoel y Derek, con quienes he compartido risas, lágrimas y momentos inolvidables que han enriquecido mi vida de innumerables maneras. Gracias por ser mis cómplices de aventuras y animarme a perseguir mis sueños con valentía.

Finalmente, a mis amigas, Anahí, Dany, Nicole y Vale por las risas, los éxitos y los fracasos. En especial, a Majó Posso con quien siempre fuimos el dream team en los trabajos y exámenes que parecían imposibles, gracias por haber sacado mi mejor versión. Espero y deseo que nos volvamos a ver, y si no, la vida continúa. Les deseo todo lo mejor. Y si les he podido aportar algo de risas o buen rollo, pues el objetivo está más que cumplido.

## RESUMEN

La coccidiosis es una enfermedad parasitaria grave y costosa en la industria avícola. El uso continuo de productos anticoccidiales ha llevado a la pérdida de eficacia y a preocupaciones sobre residuos en productos avícolas. Además, el creciente desarrollo de especies de coccidias resistentes a los medicamentos ha estimulado la búsqueda de métodos de control alternativos. Por ese motivo, los fitógenos, compuestos bioactivos de plantas con propiedades biológicas, han ganado interés. El presente análisis sistemático recopila y analiza las publicaciones científicas sobre la actividad anticoccidial y los efectos terapéuticos de los productos herbarios ante los desafíos causados por las especies de *Eimeria*. Los resultados sugieren efectos anticoccidiales moderados y marcados, así como actividades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas y moduladores de la microbiota intestinal. En conclusión, los autores concuerdan en que el uso de fitógenos es una estrategia prometedora para controlar la coccidiosis en pollos de engorde.

**Palabras clave:** Fitógenos, aceites esenciales, coccidiosis, anticoccidial, broiler.

## ABSTRACT

Coccidiosis is a serious and costly parasitic disease in the poultry industry. The continuous use of anticoccidial products has led to loss of efficacy and concerns about residues in poultry products. Furthermore, the growing development of drug-resistant coccidia species has stimulated the search for alternative control methods. Therefore, phytochemicals, bioactive compounds from plants with biological properties, have gained interest. This systematic analysis gathers and examines scientific publications on the anticoccidial activity and therapeutic effects of herbal products against challenges caused by *Eimeria spp.* The results suggest moderate to marked anticoccidial effects, as well as anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, and intestinal microbiota modulation activities. In conclusion, the authors agree that the use of phytochemicals is a promising strategy for controlling coccidiosis in broiler.

**Key words:** Phytochemical(s), essential oil blends, coccidiosis, anticoccidial, broiler.



**TABLA DE CONTENIDO**

Introducción .....	11
Desarrollo del tema .....	13
Pregunta de investigación .....	13
Hipótesis .....	13
Objetivos .....	13
Metodología .....	14
Resultados .....	15
Discusión.....	17
Conclusiones .....	23
Referencias bibliográficas.....	26

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Fitógenos y su actividad anticoccidial en <i>Eimeria spp.</i> y su ciclo de vida.....	14
<b>Tabla 2.</b> Efectos de la combinación de fitógenos en el control de la coccidiosis. ....	16

## INTRODUCCIÓN

La coccidiosis es la enfermedad parasitaria más devastadora, mortal y costosa para la industria avícola (Oviedo-Rondón, 2023). Se estima que el costo global de la coccidiosis es de USD 13 mil millones de dólares en profilaxis, tratamiento y pérdidas de producción (Blake et al., 2020). Estas pérdidas son causadas por siete especies de *Eimeria* que provocan lesiones en el tracto intestinal. Sin embargo, *E. acervulina*, *E. maxima*, *E. necatrix* y *E. tenella* causan problemas de importancia económica (Ahmad et al., 2024). Las manifestaciones clínicas se relacionan con la predilección de los parásitos hacia un área del tracto intestinal, es decir, las lesiones de *E. acervulina* se localizan en duodeno, las de *E. máxima* y *E. necatrix* en yeyuno e íleon, y las de *E. tenella* en los ciegos (Williams, 2005).

Existen varios factores que facilitan el desarrollo de la coccidiosis, incluido un ciclo de vida complejo que implica fases intra y extracelulares, la transmisión fecal-oral, la presencia de ooquistes resistentes y las condiciones ideales para la esporulación (El-Shall et al., 2021). Los ooquistes, excretados en las heces, esporulan en condiciones adecuadas de oxígeno, temperatura y humedad, volviéndose infecciosos. Al ser ingeridos, la molleja, enzimas y sales biliares desdoblan la pared del ooquiste permitiendo que emerjan los esporoquistes. Así se dirigen al lumen e invaden los enterocitos, iniciando su primer ciclo de reproducción asexual conocido como esquizogonia. Posteriormente, se produce la diferenciación sexual e inicia la fertilización y multiplicación, resultando en la producción de los ooquistes que finalmente son expulsados en las excretas (López-Osorio et al., 2020).

Para el control de la coccidiosis, se han utilizado ampliamente varios productos químicos y aditivos alimentarios anticoccidiales como los ionóforos, los cuales tienen varios modos de acción en las especies de *Eimeria*, y a menudo ejercen sus efectos en una etapa del ciclo de vida específico. Sin embargo, estos productos anticoccidiales han perdido eficacia

debido a su uso ubicuo y continuo (Cervantes & McDougald, 2023). Además, se ha descrito que existen efectos peligrosos para los consumidores a través de los residuos de medicamentos en los productos avícolas (Snyder et al., 2020). Por consiguiente, este desafío ha provocado un interés en el uso de productos herbarios como alternativas seguras para controlar diversas enfermedades con un menor riesgo de desarrollo de resistencia (Flees et al., 2021).

Los fitógenos son aceites esenciales y/o extractos vegetales con compuestos biológicamente activos que presentan efectos antimicrobianos, antioxidantes, antiinflamatorios, inmunomodulares y digestivos (Amerah & Ouwehand, 2016). Los estudios sugieren que los efectos antimicrobianos se producen por un daño directo a la membrana bacteriana, así como la inhibición enzimática y desnaturalización de proteínas. En lo que respecta a los efectos inmunomoduladores, los extractos inhiben el crecimiento de células tumorales y estimulan la inmunidad innata (Yang et al., 2015). De igual manera, estos compuestos modulan la inflamación a través de mecanismos antioxidantes mediante la expresión de proteínas y enzimas que reprimen los radicales libres (Pasri et al., 2024). Adicionalmente, los compuestos bioactivos estimulan la secreción de enzimas digestivas endógenas, mejorando la absorción de nutrientes y reduciendo la carga bacteriana en el tracto gastrointestinal, de tal manera que, modulan la microflora intestinal (Engida et al., 2023).

Por ese motivo, han atraído un mayor interés como aditivos alimentarios en la producción avícola para el control de los desafíos relacionados por la infección de *Eimeria spp.*, así como su efecto sobre los principales componentes de la salud y funcionalidad gastrointestinal de los pollos de engorde (Abdelli et al., 2021). El presente análisis sistemático tiene como propósito presentar información sobre el uso de fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis y así orientar a futuras investigaciones sobre el uso de estos productos herbarios en la dieta de pollos de engorde.

## DESARROLLO DEL TEMA

**1. Pregunta de investigación:** ¿Existe evidencia científica sobre la efectividad de los fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis en pollos de engorde?

**2. Hipótesis:**

**2.1. Ho:** El uso de los fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis no se encuentra documentado en artículos científicos

**2.2. Ha:** El uso de los fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis se encuentra documentado en artículos científicos.

**3. Objetivos:**

**3.1. Objetivo general:** Identificar, sistematizar y analizar las publicaciones científicas sobre el uso de fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis en pollos de engorde.

**3.2. Objetivos específicos:**

**3.2.1** Sistematizar la información científica acerca de los fitógenos usados en la industria avícola y su actividad anticoccidial contra *Eimeria spp* y sus etapas específicas del ciclo de vida mediante la elaboración de una tabla.

**3.2.2** Recopilar la información sobre los efectos que pueden desempeñar la combinación de fitógenos en el control de los desafíos intestinales causados por coccidiosis mediante la elaboración de una tabla.

## METODOLOGÍA

En el presente trabajo se realizó una recopilación y un análisis sistemático de la información documentada sobre el uso de fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis. De ese modo, se obtuvo la información sobre la actividad anticoccidial, los efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos de los fitógenos. Para lo cual, se seleccionó artículos científicos, revisiones e investigaciones desde el 2019 hasta la actualidad.

Se emplearon buscadores como: *Elsevier, Pubmed, ResearchGate, Google Scholar y MDPI*. Para la búsqueda se utilizaron palabras clave como: *phytogenic(s), phytobiotic(s), herbal extract(s), anticoccidial, essential oil blends, coccidiosis, broiler, coccidia control, antioxidant activities, mucosal immune responses, modulate microflora*. Estos términos fueron traducidos al español y portugués. La información fue recopilada mediante el gestor bibliográfico *Zotero*.

Los datos obtenidos fueron organizados y sistematizados mediante la elaboración de dos tablas en *Microsoft Excel*. Por un lado, la primera tabla incluyó variables como: nombre del fitógeno, compuesto bioactivo, origen, especie de *Eimeria*, etapa del ciclo de vida, tamaño de la muestra (n), P-value y actividad anticoccidial. Es importante mencionar que, esta última variable se estableció de acuerdo al índice anticoccidial, puntuación de lesiones, recuento de ooquistes y parámetros de rendimiento y eficiencia de producción. Por otro lado, la segunda tabla presentó variables como: autor, combinación de fitógenos, efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos y su modulación en la microflora intestinal. Asimismo, en ambas tablas se utilizaron sistemas de símbolos que representaban los efectos de los fitógenos.

Los resultados obtenidos se presentaron mediante tablas que permitieron establecer la actividad anticoccidial de los fitógenos, así como los efectos que desempeñan la combinación de fitógenos en el control de los desafíos intestinales causados por coccidiosis.

## RESULTADOS

Con el objetivo de sistematizar la información científica acerca de los fitógenos usados en la industria avícola y su actividad anticoccidial, se obtuvo 15 artículos científicos que destacaban las variables de interés para la elaboración de la tabla 1. De acuerdo a los artículos científicos sistematizados cada fitógeno posee componentes bioactivos que han mostrado efecto anticoccidial en distintas etapas del ciclo de vida de las especies de *Eimeria* mediante resultados significativos. De ese modo, se describe 15 fitógenos con actividades anticoccidiales frente al desafío provocado por *Eimeria spp.* El 73% muestra una actividad anticoccidial moderada, mientras que el 27% presenta una actividad anticoccidial marcada. En este sentido, el *Ageratum conyzoides* (hierba de cabra), *Camellia sinensis* (té verde), *Yucca schidigera* (yuca mojave) y *Scrophularia striata* (teshne dari) se encuentran dentro de dicho porcentaje, como se describe en la tabla 1.

**Tabla 1.** Fitógenos y su actividad anticoccidial en *Eimeria spp.* y su ciclo de vida.

Fitógeno	Componente	Origen	Especie	Ciclo de vida	n	P-value	Efecto anticoccidial	Referencia Bibliográfica
<i>Artemisia annua</i> . Ajenjo dulce	Artemisinina	América del Norte	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i>	Esporulación y producción de ooquistes	19.090	< 0,05	++	(Coroian et al., 2022)
<i>Ageratum conyzoides</i> . Hierba de cabra	Fenoles, flavonoides	Brasil	<i>Eimeria tenella</i>	Esquizogonia	105	< 0,05	+++	(Hussain et al., 2021)
<i>Allium sativum</i> . Ajo	Alicina	Asia	<i>Eimeria tenella</i>	Esporulación de ooquistes	100	< 0,05	++	(Hussein et al., 2021)
<i>Camellia sinensis</i> . Té verde	Polifenoles, L-teanina	China	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i>	Producción de ooquistes	1260	< 0,05	+++	(Jelveh et al., 2023)
<i>Yucca schidigera</i> . Yuca Mojave	Saponinas	América del Norte	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i>	Producción de ooquistes	504	< 0,05	+++	(Kozłowski et al., 2022)
<i>Psidium guajava</i> . Guayaba	$\beta$ -cariofileno, $\alpha$ -pineno	América	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i> , <i>E. necatrix</i>	Producción de ooquistes	75	< 0,05	++	(Langerudi et al., 2022)
<i>Nigella sativa</i> . Comino negro	P-cimeno, timoquinona, carvacrol	Europa del Este	<i>Eimeria maxima</i>	Producción de ooquistes	704	< 0,05	++	(Manjunatha et al., 2023)
<i>Moringa oleifera</i> . Moringa	Flavonoides, glucósidos, saponinas, taninos	India	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i> , <i>E. necatrix</i>	Producción de ooquistes	160	< 0,05	++	(Mashalla et al., 2022)
<i>Origanum vulgare</i> . Orégano	Timol	Eurasia	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i>	Producción de ooquistes	210	< 0,05	++	(Nawarathne et al., 2022)
<i>Azadirachta indica</i> . Neem	$\beta$ -cariofileno, limoneno, $\alpha$ -pineno	India	<i>E. tenella</i> , <i>E. necatrix</i>	Producción de ooquistes	25	< 0,05	++	(Onyiche et al., 2021)
<i>Cinnamomum verum</i> . Canela	Cinamaldehído, cinamato, ácido cinámico	India	<i>Eimeria tenella</i>	Producción de ooquistes	150	< 0,05	++	(Qaid et al., 2021)
<i>Scrophularia striata</i> . Teshne Dari	Fenilpropanoide, flavonoides, ácido cinámico	Irán	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i>	Producción de ooquistes	300	< 0,05	+++	(Rostami et al., 2021)
<i>Phyllanthus emblica</i> . Grosella espinosa	Taninos, flavonoides, ácidos fenólicos, terpenoides	India	<i>Eimeria tenella</i>	Esporulación y producción de ooquistes	25	< 0,05	++	(Sharma et al., 2021)
<i>Curcuma longa</i> . Cúrcuma	Curcumina	Asia	<i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i>	Producción de ooquistes	360	< 0,05	++	(Yadav et al., 2020)
<i>Syzygium aromaticum</i> . Clavo	Eugenol	Indonesia	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i> , <i>E. necatrix</i>	Esporulación de ooquistes	105	< 0,05	++	(Youssefi et al., 2023)

(+) actividad anticoccidial leve, (++) actividad anticoccidial moderada, (+++) actividad anticoccidial marcada



Con el propósito de recopilar la información sobre los efectos de la combinación de fitógenos, se obtuvo 10 artículos científicos donde los autores analizaban las variables de interés para la elaboración de la tabla 2. Se sistematiza 10 combinaciones de fitógenos con sus efectos terapéuticos en el control de los desafíos intestinales provocados por la coccidiosis. En el 30% de las combinaciones se describe 2 efectos terapéuticos, mientras que el 50% presenta 3 efectos terapéuticos. De ese modo, el 20% describe que la mezcla de *Origanum vulgare* (orégano) y *Andrographis paniculata* (chiretta verde), así como *Anacardium occidentale* (anacardo) y *Ricinus communis* (ricino) poseen efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos e incluso modulan la microflora intestinal, como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Efectos de la combinación de fitógenos en el control de la coccidiosis.

Autor	Combinación fitógenos	Efecto antiinflamatorio	Efecto antioxidante	Efecto antimicrobiano	Modulación microflora intestinal
(Ali et al., 2019)	<i>Allium sativum</i> (ajo) y <i>Zingiber officinale</i> (jengibre)	x	x	x	
(El-Ashram & Abdelhafez, 2020)	<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo) e <i>Illicium verum</i> (anís estrellado)		x	x	x
(Felici et al., 2023)	<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca), <i>Allium sativum</i> (ajo), <i>Origanum vulgare</i> (orégano) y <i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	x		x	x
(Gordillo et al., 2021)	<i>Origanum vulgare</i> (orégano) y <i>Citrus spp.</i>		x		x
(Guerrini et al., 2024)	<i>Citrus aurantium</i> (naranja) y <i>Yucca schidigera</i> (yuca mojave)	x	x		
(Jahja et al., 2023)	<i>Origanum vulgare</i> (orégano) y <i>Andrographis paniculata</i> (chiretta verde)	x	x	x	x
(Moraes et al., 2019)	<i>Anacardium occidentale</i> (anacardo) y <i>Ricinus communis</i> (ricino)	x	x	x	x
(Park et al., 2023)	<i>Camellia sinensis</i> (té verde), <i>Cinnamomum verum</i> (canela) y <i>Punica granatum</i> (granada)	x		x	x
(Pop et al., 2019)	<i>Allium sativum</i> (ajo), <i>Urtica dioica</i> (ortiga), <i>Inula helenium</i> (helenio) y <i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)			x	x
(Sidiropoulou et al., 2020)	<i>Origanum vulgare</i> (orégano) y <i>Allium sativum</i> (ajo)		x	x	x

El símbolo (x) representa la descripción y análisis del efecto de la combinación de los fitógenos por parte de los autores en su investigación.

## DISCUSIÓN

El presente análisis sistemático tuvo como objetivo identificar, sistematizar y analizar las publicaciones científicas sobre el uso de fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis en pollos de engorde. Para lo cual, se recopiló 25 artículos científicos sobre la actividad anticoccidial y los efectos terapéuticos de los fitógenos. De esa manera, se describe 15 fitógenos con actividades anticoccidiales frente a distintas especies y etapas del ciclo de vida de *Eimeria*. El 73% muestra una actividad anticoccidial moderada, mientras que el 27% presenta una actividad anticoccidial marcada (tabla 1). En varios experimentos, estos compuestos fitogénicos han reducido la severidad de la infección por *Eimeria*, debido a que disminuyen las puntuaciones de lesiones y la eliminación de ooquistes (Oviedo-Rondón, 2023).

Por un lado, *Ageratum conyzoides* (hierba de cabra) presenta una actividad anticoccidial marcada ante *Eimeria tenella*. Autores como Nweze & Obiwulu (2009) han identificado que el extracto reduce constantemente la producción de ooquistes fecales de las aves infectadas hasta llegar a cero, e incluso fue similar a la disminución causada por amprolio. Asimismo, la mejora en el aumento de peso se correlaciona a la disminución de oocistos en los ciegos, así como la inhibición de la inflamación en la mucosa intestinal que sugiere una mayor absorción de nutrientes (Arlette et al., 2019). Adicionalmente, los fenoles y flavonoides desarrollan un papel fundamental en el mecanismo de acción, debido a que estos compuestos bioactivos inhiben el proceso de reproducción asexual al mejorar el grado de peroxidación lipídica intestinal (El-Shall et al., 2021). Es importante destacar que los componentes de este fitógeno se pueden encontrar en diversas especies nativas del Ecuador. Por ejemplo, *Ilex guayusa* (guayusa) contiene flavonoides, saponinas, alcaloides y fenoles, los cuales han sido utilizados para el control de los desafíos intestinales provocados por *Eimeria spp* (Radice et al., 2017).

En lo que respecta a *Camellia sinensis* (té verde), el fitógeno muestra efectos anticoccidiales notables en parámetros como: puntuación de lesiones intestinales, ooquistes por gramo de heces, índice de conversión alimenticia y tasa de mortalidad en comparación con el toltrazuril (Zhang et al., 2019). En un estudio realizado por Jelveh et al. (2022), se destaca que el té verde aumentó la longitud y el ancho de las vellosidades intestinales, redujo la profundidad de las criptas, provocando mayores tasas de crecimiento e índice de conversión alimenticia. Estas actividades están íntimamente relacionadas a los componentes bioactivos, dado que los polifenoles protegen significativamente las células epiteliales del estrés y mejoran su crecimiento (Aziz-Aliabadi et al., 2023). De igual manera, los extractos pueden reducir la producción de ooquistes de *E. acervulina*, *E. maxima* y *E. tenella* por medio de la penetración del componente bioactivo hacia la pared del ooquiste, modificando así la división celular (Molan & Faraj, 2015).

Adicionalmente, *Yucca schidigera* (yuca mojave) presenta efectos anticoccidiales frente a *E. acervulina*, *E. maxima* y *E. tenella*. Oelschlager et al. (2019) sugieren que la suplementación con este fitógeno influye en la respuesta inmune de las aves durante la infección por especies mixtas de *Eimeria*, como lo demuestra la acción de los linfocitos, los cambios estructurales del intestino y las alteraciones en la expresión de citocinas inflamatorias cecales y duodenales. Las saponinas tienen la propiedad de alterar la membrana celular del parásito e inhibir el proceso de invasión hacia los enterocitos, provocando una alteración de la homeostasis (Benarbia et al., 2022). Es decir, el compuesto bioactivo altera la morfología de los ooquistes, disminuyendo la eliminación de ooquistes en las heces fecales de los pollos. En consecuencia, se produce un mejoramiento en los parámetros productivos como conversión alimenticia y tasa de mortalidad (El-Shall et al., 2021). De igual manera, *Chenopodium quinoa* (quinoa) es una planta nativa del Ecuador que posee saponinas, flavonoides y polifenoles con propiedades terapéuticas (Ren et al., 2023). Asimismo, las saponinas provenientes de *Quillaja*

*saponaria* (quillaja) se encuentran disponibles comercialmente y han sido utilizada en desafíos de coccidiosis y enteritis necrótica (Bafundo et al., 2021).

Del mismo modo, *Scrophularia striata* (teshne dari) exhibe una actividad anticoccidial marcada ante *E. acervulina*, *E. maxima* y *E. tenella*. Los compuestos fenólicos del fitógeno muestran actividades antioxidantes y antiinflamatorias que protegen el epitelio intestinal del daño oxidativo (Rostami et al., 2021). Por ese motivo, la producción de ooquistes y las lesiones intestinales disminuyen. Los extractos reaccionan con las membranas citoplasmáticas provocando la muerte de las células coccidiales y disminuyendo la permeabilidad intestinal inducida por las especies de *Eimeria* (El-Shall et al., 2021).

En lo que respecta a los fitógenos con actividad anticoccidial moderada, se identifica que compuestos bioactivos como artemisina, alicina, eugenol y flavonoides inhiben la esporulación de ooquistes de *Eimeria spp.* Sin embargo, Gadelhaq et al. (2018) mencionan que los extractos de productos herbarios no tienen efecto sobre la esporulación de los ooquistes. Para lo cual, Fatemi et al. (2015) destacan que todos los tipos de extractos no necesariamente tienen una actividad similar, y la interacción de todos los contenidos y sus concentraciones relativas es un factor importante para la estimulación o inhibición de la esporulación. Por lo tanto, algunas partes de los extractos vegetales pueden inhibir la esporulación de ooquistes y eventualmente afectar el ciclo de vida del parásito.

De igual manera, la efectividad moderada de los fitógenos se relaciona a que los parámetros productivos no fueron los esperados a comparación con el anticoccidial químico. No obstante, un elemento que puede explicar la variabilidad de la actividad anticoccidial es la concentración de los componentes en los distintos fitógenos. Es más, la concentración puede ser más o menos elevada según varios parámetros como: tipo de planta, parte de la planta utilizada para el estudio, período y método de extracción, dosis y forma de administración

(Benarbia et al., 2022). Por ese motivo, es muy importante la transparencia y estandarización de los compuestos bioactivos cuando se utilizan productos naturales de origen vegetal.

Por otro lado, se describe que la mezcla de *Origanum vulgare* (orégano) y *Andrographis paniculata* (chiretta verde), así como *Anacardium occidentale* (anacardo) y *Ricinus communis* (ricino) poseen efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos e incluso modulan la microflora intestinal (tabla 2). Se ha demostrado que los principales componentes bioactivos de estos fitógenos tienen efectos sinérgicos que pueden provocar un impacto positivo en la salud e integridad de los pollos de engorde (El-Shall et al., 2021).

En ese sentido, el orégano contiene principalmente timol que ha demostrado propiedades farmacológicas. Sus efectos se atribuyen a la inhibición del reclutamiento de citocinas inflamatorias, la eliminación de radicales libres y la mejora de los antioxidantes endógenos (Gholami-Ahangaran et al., 2021). Asimismo, la chiretta verde actúa como compuesto antibacteriano al alterar las membranas celulares bacterianas, inhibir las enzimas encargadas de la replicación del ADN así como la producción de toxinas (Buiatte et al., 2022). De tal manera que modulan la microflora intestinal, dado que las bacterias patógenas disminuyen mientras que bacterias beneficiosas predominan. Es importante mencionar que, los autores del estudio destacan que el uso individual de estos fitógenos posee efectos prometedores para el control de la coccidiosis. No obstante, el uso combinado de orégano y chiretta verde no se ha informado. Por consiguiente, su investigación ha demostrado un efecto sinérgico entre estos compuestos bioactivos, provocando un equilibrio en la microbiota intestinal gracias a la acción antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana de los fitógenos (Jahja et al., 2023)

En relación a la combinación de anacardo y ricino, los resultados muestran que la mezcla posee actividad antimicrobiana y actúa como modulador de la microflora intestinal en

pollos de engorde. Los componentes bioactivos como cardol, ácido anacárdico y ácido ricinoleico provocan daños en la membrana celular bacteriana mediante la disminución del pH intracelular, así como la inhibición y desnaturalización de enzimas microbianas (Abbas et al., 2012). Según Moraes et al. (2019), el aceite de ricino provoca un equilibrio en la microbiota, debido a que la población de *Enterococcus* se redujo a comparación de la población de *Lactobacillus spp.* que permaneció igual. Se debe destacar que, las especies del género *Enterococcus* son oportunistas y se propagan rápidamente cuando existe un desequilibrio en la población microbiana intestinal, generando graves consecuencias a los parámetros productivos y sanitarios de las aves (Cao et al., 2013).

En el 50% de las mezclas (tabla 2) que presentan 3 efectos terapéuticos, los autores destacan que la combinación de varios extractos vegetales es un enfoque novedoso para la industria avícola, debido a que los compuestos bioactivos pueden presentar efectos sinérgicos o antagónicos. Por ejemplo, Pop et al. (2019) destacan que la combinación de *Allium sativum* y *Thymus serpyllum* no provoca efectos sobre el rendimiento productivo de los pollos de engorde, debido a que la magnitud de mejora depende de otros factores como la microflora intestinal o la respuesta inmune. Sin embargo, en el mismo estudio, la combinación de ajo, ortiga, helenio y romero presenta efectos antimicrobianos y moduladores sobre la población microbiana intestinal.

Los autores concuerdan que existen efectos sinérgicos entre los componentes bioactivos de los fitógenos. Es más, la combinación de diferentes aceites esenciales puede representar una solución viable ante la infección mixta por coccidiosis, debido a que cada compuesto presenta distintas actividades anticoccidiales, antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas frente a las especies de *Eimeria*. (Oso et al., 2019) mencionan que las preparaciones fitogénicas pueden mejorar la salud intestinal, conduciendo a un mejor crecimiento de las aves.

Es importante mencionar que, la metodología utilizada en el presente análisis sistemático no es útil para establecer la efectividad de los fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis. Principalmente por las limitaciones que se presentaron durante la recopilación y sistematización de la información científica. Dado que, el tamaño de muestra es muy variable en cada estudio. Asimismo, la forma de presentación y administración, así como la dosis de los extractos vegetales pueden influenciar en la actividad terapéutica. Es importante mencionar que, algunos estudios analizaron la actividad anticoccidial de productos comerciales que contienen fitógenos. No obstante, no se sistematizaron, debido a que los autores no mencionan específicamente cuales son los extractos vegetales que posee dicho producto. De esta manera, se corrobora que existe evidencia científica sobre la efectividad de los fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis.

En el presente análisis sistemático, se considera que el uso de fitógenos es una alternativa prometedora para el control de los desafíos intestinales causados por la coccidiosis, debido a los efectos terapéuticos que desempeñan los componentes bioactivos ante las especies y etapas del ciclo de vida de *Eimeria*. Existe una gran variedad de estudios que evalúan la actividad anticoccidial y los efectos de la suplementación con productos herbarios sobre los componentes principales de la salud y funcionalidad gastrointestinal, en especial, la microbiota intestinal y los parámetros productivos de pollos de engorde (Abdelli et al., 2021). Por ese motivo, la recopilación de evidencia científica sobre la efectividad de los fitógenos permite entender de manera general el uso de estos productos en la producción avícola.



## CONCLUSIONES

Por medio de la sistematización de la información científica sobre los fitógenos usados en la industria avícola, se pudo establecer que existe una gran variedad de productos herbarios con componentes bioactivos que poseen actividades anticoccidiales frente a las especies de *Eimeria*, así como en etapas específicas de su ciclo de vida. De esa manera, se identificó fitógenos con actividades anticoccidiales moderadas y marcadas. Los autores concuerdan que la evaluación del índice anticoccidial, la puntuación de lesiones intestinales, la disminución de la excreción de ooquistes por heces y la mejora en los parámetros productivos son factores a considerar durante las investigaciones.

Los compuestos bioactivos desarrollan un papel fundamental en los mecanismos de acción de los fitógenos frente a la infección por coccidiosis, debido a que estos extractos presentan diversos efectos terapéuticos. En ese sentido, se determinó que la actividad anticoccidial está influenciada por el tipo de compuesto que posee el extracto vegetal, así como la eficacia del componente ante *Eimeria spp.* De igual manera, los componentes bioactivos que presentaron una actividad anticoccidial se han identificado en distintas especies de plantas nativas del Ecuador.

El ciclo de vida de *Eimeria spp.* supone un reto para las nuevas alternativas de control de la enfermedad, dado que las fases intra y extracelulares facilitan su desarrollo. De ese modo, los fitógenos pueden actuar en los procesos de esquizogonia, esporulación y producción de ooquistes. Los autores concuerdan que independientemente de las fases donde actúen, los extractos vegetales disminuyen la excreción de ooquistes por las heces de las aves.

Los estudios sistematizados evaluaron la efectividad de los fitógenos ante las especies de importancia económica y clínica como lo son: *E. acervulina*, *E. maxima*, *E. necatrix* y *E. tenella*.

La combinación de fitógenos muestra efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos y moduladores de la microflora intestinal, debido a que los compuestos bioactivos pueden tener efectos sinérgicos. No obstante, los autores recomiendan analizar los compuestos de los fitógenos por separado, y así establecer las mezclas correctas que puedan disminuir los efectos provocados por la coccidiosis.

El presente análisis sistemático posee varias fortalezas en términos de recopilación de información sobre el uso de fitógenos como alternativa de control de la coccidiosis en pollos de engorde. Sin embargo, también puede enfrentar algunas limitaciones en la selección de los artículos científicos, debido a que estudios relevantes no fueron incluidos por la falta de información sobre los componentes fitogénicos. Asimismo, la variación de la calidad metodológica de cada investigación puede afectar la validez y sistematización de los resultados.

Por ese motivo, se recomienda realizar futuras investigaciones que analicen los compuestos biológicos de los fitógenos para así establecer los efectos terapéuticos. De igual manera, Ecuador cuenta con una gran variedad de extractos vegetales que contienen compuestos bioactivos con actividades anticoccidiales. Por lo tanto, puede ser una opción demostrar su efectividad ante *Eimeria spp.* Se sugiere explorar las posibles sinergias entre distintas combinaciones de fitógenos, lo que puede conducir al desarrollo de estrategias terapéuticas más efectivas y seguras.

Es muy importante establecer la dosis y la vía de administración de los fitógenos, para así evitar futuras complicaciones como intoxicaciones en las aves. Por ese motivo, es necesario fortalecer diálogos con especialistas que proporcionen información valiosa sobre el uso de estos productos herbarios en la dieta de los pollos de engorde. De tal manera que, se fortalezca la colaboración interdisciplinaria para abordar de manera integral los desafíos relacionados con el control de la coccidiosis en la avicultura.

Adicionalmente, la nutrición animal se encuentra en constante innovación, por lo que, se puede evaluar el uso de fitógenos con otros componentes como vitaminas, enzimas, prebióticos, probióticos, entre otros.

Finalmente, este análisis sistemático identificó, sistematizó y analizó las evidencias científicas sobre la efectividad y el uso de los fitógenos como estrategia de control de la coccidiosis en pollos de engorde. De modo que, puede colaborar como una guía a futuras investigaciones que esclarezcan la actividad anticoccidial y los efectos terapéuticos de los extractos vegetales ante enfermedades que acechan a la producción avícola.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, R. Z., Iqbal, Z., Khan, A., Sindhu, Z.-U.-D., Khan, J. A., Khan, N., & Raza, A. (2012). Options for Integrated Strategies for the Control of Avian Coccidiosis. *Int. J. Agric. Biol.*, *14*(6).
- Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phytogetic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, *11*(12), 3471. <https://doi.org/10.3390/ani11123471>
- Ahmad, R., Yu, Y.-H., Hua, K.-F., Chen, W.-J., Zaborski, D., Dybus, A., Hsiao, F. S.-H., & Cheng, Y.-H. (2024). Management and control of coccidiosis in poultry—A review. *Animal Bioscience*, *37*(1), 1-15. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0189>
- Ali, M., Chand, N., Khan, R. U., Naz, S., & Gul, S. (2019). Anticoccidial effect of garlic (*Allium sativum*) and ginger (*Zingiber officinale*) against experimentally induced coccidiosis in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, *47*(1), 79-84. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1573731>
- Amerah, A. M., & Ouwehand, A. C. (2016). Chapter 10—Use of Essential Oils in Poultry Production. En V. R. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 101-110). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00010-9>
- Arlette, N. T., Nadia, N. A. C., Jeanette, Y., Gertrude, M. T., Josué, W. P., & Mbida, M. (2019). Anticoccidial Effects of *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) and *Vernonia amygdalina* (Asteraceae) Leaves Extracts on Broiler Chickens. *South Asian Journal of Parasitology*, 19-28.
- Aziz-Aliabadi, F., Noruzi, H., & Hassanabadi, A. (2023). Effect of different levels of green tea (*Camellia sinensis*) and mulberry (*Morus alba*) leaves powder on performance, carcass characteristics, immune response and intestinal morphology of broiler chickens. *Veterinary Medicine and Science*, *9*(3), 1281-1291. <https://doi.org/10.1002/vms3.1133>
- Bafundo, K. W., Duerr, I., McNaughton, J. L., & Johnson, A. B. (2021). The effects of a quillaja and yucca combination on performance and carcass traits of coccidia-vaccinated broilers exposed to an enteric disease challenge. *Poultry Science*, *100*(10), 101391. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101391>
- 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*. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.946576>
- Blake, D. P., Knox, J., Dehaeck, B., Huntington, B., Rathinam, T., Ravipati, V., Ayoade, S., Gilbert, W., Adebambo, A. O., Jatau, I. D., Raman, M., Parker, D., Rushton, J., & Tomley, F. M. (2020). Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens. *Veterinary Research*, *51*(1), 115. <https://doi.org/10.1186/s13567-020-00837-2>
- Buiatte, V., Dominguez, D., Lesko, T., Jenkins, M., Chopra, S., & Lorenzoni, A. G. (2022). Inclusion of high-flavonoid corn in the diet of broiler chickens as a potential approach for the control of necrotic enteritis. *Poultry Science*, *101*(5), 101796. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101796>
- Cao, G. T., Zeng, X. F., Chen, A. G., Zhou, L., Zhang, L., Xiao, Y. P., & Yang, C. M. (2013). Effects of a probiotic, *Enterococcus faecium*, on growth performance, intestinal morphology, immune response, and cecal microflora in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88. *Poultry Science*, *92*(11), 2949-2955. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03366>

- Cervantes, H. M., & McDougald, L. R. (2023). Raising broiler chickens without ionophore anticoccidials. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(2), 100347. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100347>
- Coroian, M., Pop, L. M., Popa, V., Friss, Z., Oprea, O., Kalmár, Z., Pinteá, A., Borşan, S.-D., Mircean, V., Lobonţiu, I., Militaru, D., Vârban, R., & Györke, A. (2022). Efficacy of *Artemisia annua* against Coccidiosis in Broiler Chickens: A Field Trial. *Microorganisms*, 10(11), 2277. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10112277>
- El-Ashram, S., & Abdelhafez, G. A. (2020). Effects of phytogenic supplementation on productive performance of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(4), 852-862. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.07.005>
- 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>
- Engida, T. D., Ayele, M., Waktole, H., Tamir, B., Regassa, F., & Tufa, T. B. (2023). Effects of Phytogenic Feed Additives on Body Weight Gain and Gut Bacterial Load in Broiler Chickens. *World's Veterinary Journal*, 13, 205-213. <https://doi.org/10.54203/scil.2023.wvj22>
- Fatemi, A., Razavi, S. M., Asasi, K., & Goudarzi, M. T. (2015). Effects of *Artemisia annua* extracts on sporulation of *Eimeria* oocysts. *Parasitology Research*, 114(3), 1207-1211. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4304-z>
- Felici, M., Tugnoli, B., Ghiselli, F., Baldo, D., Ratti, C., Piva, A., & Grilli, E. (2023). Investigating the effects of essential oils and pure botanical compounds against *Eimeria tenella* in vitro. *Poultry Science*, 102(10), 102898. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102898>
- Flees, J. J., Ganguly, B., & Dridi, S. (2021). Phytogenic feed additives improve broiler feed efficiency via modulation of intermediary lipid and protein metabolism-related signaling pathways. *Poultry Science*, 100(3), 100963. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.060>
- Gadelhaq, S. M., Arafa, W. M., & Abolhadid, S. M. (2018). *Actividad in vitro* de productos naturales y químicos sobre la esporulación de ooquistes de pollos de la especie *Eimeria*. *Veterinary Parasitology*, 251, 12-16. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.12.020>
- Gholami-Ahangaran, M., Ahmadi-Dastgerdi, A., Azizi, S., Basiratpour, A., Zokaei, M., & Derakhshan, M. (2021). Thymol and carvacrol supplementation in poultry health and performance. *Veterinary Medicine and Science*, 8(1), 267-288. <https://doi.org/10.1002/vms3.663>
- Gordillo Jaramillo, F. X., Kim, D.-H., Lee, S. H., Kwon, S.-K., Jha, R., & Lee, K.-W. (2021). Role of oregano and Citrus species-based essential oil preparation for the control of coccidiosis in broiler chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00569-z>
- Guerrini, A., Zago, M., Avallone, G., Brigandi, E., & Tedesco, D. E. A. (2024). A field study on *Citrus aurantium* L. var. *Dulcis* peel essential oil and *Yucca schidigera* saponins efficacy on broiler chickens health and growth performance during coccidiosis infection in rural free-range breeding system. *Livestock Science*, 282, 105437. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105437>
- Hussain, K., ABBAS, R., Abbas, A., Samiullah, K., SIDDIQUE, F., Mohsin, M., REHMAN, A., RAHMAN, A. U., & WAQAS, M. (2021). Anticoccidial potential of *Ageratum conyzoides* and its effect on Blood parameters of experimentally infected Broiler

- Chickens. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 72, 3085. <https://doi.org/10.12681/jhvms.28497>
- Hussein, S., Mekawy, S., Ayoub, M., Gehan, N. A., & Rania, A. A. (2021). Comparative biochemical and pathological studies between Toltrazuril and garlic supplementation in chickens infected with coccidiosis. *Egyptian Journal of Animal Health*, 1(1), 65-80. <https://doi.org/10.21608/ejah.2021.134362>
- Jahja, E. J., Yuliana, R., Simanjuntak, W. T., Fitriya, N., Rahmawati, A., & Yulinah, E. (2023). Potency of *Origanum vulgare* and *Andrographis paniculata* extracts on growth performance in poultry. *Veterinary and Animal Science*, 19, 100274. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100274>
- Jelveh, K., Mottaghtalab, M., & Mohammadi, M. (2023). Effects of green tea phytosome on growth performance and intestinal integrity under coccidiosis infection challenge in broilers. *Poultry Science*, 102(5), 102627. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102627>
- Jelveh, K., Rasouli, B., Kadim, I. T., Slozhenkina, M. I., Gorlov, I. F., Seidavi, A., & Phillips, C. J. C. (2022). The effects of green tea in the diet of broilers challenged with coccidiosis on their performance, carcass characteristics, intestinal mucosal morphology, blood constituents and ceca microflora. *Veterinary Medicine and Science*, 8(6), 2511-2520. <https://doi.org/10.1002/vms3.923>
- Kozłowski, K., Vervenne-Zetteler, P., Konieczka, P., Szymański, Ł., & van Vilsteren, A. (2022). *Yucca schidigera* Improves Performance and Lowers Oocyst Counts in *Eimeria* Challenged Broilers. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 12(13), 1668. <https://doi.org/10.3390/ani12131668>
- Langerudi, M. T., Youssefi, M. R., & Tabari, M. A. (2022). Ameliorative effect of *Psidium guajava* essential oil supplemented feed on chicken experimental coccidiosis. *Tropical Animal Health and Production*, 54(2), 120. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03117-7>
- López-Osorio, S., Chaparro-Gutiérrez, J. J., & Gómez-Osorio, L. M. (2020). Overview of Poultry *Eimeria* Life Cycle and Host-Parasite Interactions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 384. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00384>
- Manjunatha, V., Nixon, J. E., Mathis, G. F., Lumpkins, B. S., Güzel-Seydim, Z. B., Seydim, A. C., Greene, A. K., & Jiang, X. (2023). *Nigella sativa* como alternativa antibiótica para promover el crecimiento y mejorar la salud de pollos de engorde desafiados por *Eimeria maxima* y *Clostridium perfringens*. *Poultry Science*, 102(8), 102831. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102831>
- Mashalla, A., Sawy, A., Ashoura, N., & Maddawy, Z. (2022). Comparative Efficacy of *Moringa oleifera* Leaves and Diclazuril on Chicken Coccidiosis. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 75(2), 65. <https://doi.org/10.5455/ajvs.125093>
- Molan, A.-L., & Faraj, A. M. (2015). Effect of Selenium-Rich Green Tea Extract on the Course of Sporulation of *Eimeria* Oocysts. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 14, 68-74. <https://doi.org/10.9790/0853-14436874>
- Moraes, P. O., Andretta, I., Cardinal, K. M., Ceron, M., Vilella, L., Borille, R., Frazzon, A. P., Frazzon, J., Santin, E., & Ribeiro, A. M. L. (2019). Effect of functional oils on the immune response of broilers challenged with *Eimeria* spp. *Animal*, 13(10), 2190-2198. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000600>
- Moraes, P. O., Cardinal, K. M., Gouvêa, F. L., Schroeder, B., Ceron, M. S., Lunedo, R., Frazzon, A. P. G., Frazzon, J., & Ribeiro, A. M. L. (2019). Comparison between a commercial blend of functional oils and monensin on the performance and microbiota of coccidiosis-challenged broilers. *Poultry Science*, 98(11), 5456-5464. <https://doi.org/10.3382/ps/pez345>

- Nawarathne, S. R., Kim, D.-M., Cho, H.-M., Hong, J., Kim, Y., Yu, M., Yi, Y.-J., Lee, H., Wan, V., Ng, N. K. J., Tan, C. H., & Heo, J.-M. (2022). Combinatorial Effect of Dietary Oregano Extracts and 3,4,5-Trihydroxy Benzoic Acid on Growth Performance and Elimination of Coccidiosis in Broiler Chickens. *The Journal of Poultry Science*, 59(3), 233-246. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0210116>
- Nweze, N. E., & Obiwulu, I. S. (2009). Anticoccidial effects of *Ageratum conyzoides*. *Journal of Ethnopharmacology*, 122(1), 6-9. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.11.014>
- Oelschlager, M. L., Rasheed, M. S. A., Smith, B. N., Rincker, M. J., & Dilger, R. N. (2019). Efectos de la suplementación con saponinas derivadas de *Yucca schidigera* durante un desafío mixto con *Eimeria en pollos de engorde*. *Poultry Science*, 98(8), 3212-3222. <https://doi.org/10.3382/ps/pez051>
- Onyiche, T. E., Gotep, J. G., Tanko, J. T., Ochigbo, G. O., Ozoani, H. A., Viyoff, V. Z., Dogonyaro, B. B., Makoshi, M. S., Kinjir, H., Thekiso, O., Atiku, A. A., Shamaki, D., & Muraina, I. A. (2021). Los extractos acuosos de hojas de *Azadirachta indica* mejoran la coccidiosis en pollos de engorde infectados experimentalmente con ooquistes de *Eimeria*. *Scientific African*, 13, e00851. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00851>
- Oso, A. O., Suganthi, R. U., Reddy, G. B. M., Malik, P. K., Thirumalaisamy, G., Awachat, V. B., Selvaraju, S., Arangasamy, A., & Bhatta, R. (2019). Effect of dietary supplementation with phytogetic blend on growth performance, apparent ileal digestibility of nutrients, intestinal morphology, and cecal microflora of broiler chickens. *Poultry Science*, 98(10), 4755-4766. <https://doi.org/10.3382/ps/pez191>
- Oviedo-Rondón, E. O. (2023). *North Carolina State University, Prestage Department of Poultry Science, Raleigh, NC.*
- Park, I., Nam, H., Wickramasuriya, S. S., Lee, Y., & Lillehoj, H. S. (2023). Host-mediated beneficial effects of phytochemicals for prevention of avian coccidiosis. *Frontiers in Immunology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1145367>
- Pasri, P., Rakngam, S., Gérard, N., Mermillod, P., & Khempaka, S. (2024). Synthetic and phytogetic antioxidants improve productive performance, antioxidant activity, gene expression, and offspring quality in breeder hens subjected to heat stress. *Poultry Science*, 103(3), 103390. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103390>
- Pop, L. M., Varga, E., Coroian, M., Nedişan, M. E., Mircean, V., Dumitrache, M. O., Farczádi, L., Fülöp, I., Croitoru, M. D., Fazakas, M., & Györke, A. (2019). Efficacy of a commercial herbal formula in chicken experimental coccidiosis. *Parasites & Vectors*, 12(1), 343. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3595-4>
- Qaid, M. M., Al-Mufarrej, S. I., Azzam, M. M., & Al-Garadi, M. A. (2021). Anticoccidial effectivity of a traditional medicinal plant, *Cinnamomum verum*, in broiler chickens infected with *Eimeria tenella*. *Poultry Science*, 100(3), 100902. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.071>
- Radice, M., Scalvenzi, L., & Sablón Cossío, N. (2017). *Ilex guayusa: A systematic review of its Traditional Uses, Chemical Constituents, Biological Activities and Bioproduct Opportunities*. <https://doi.org/10.3390/mol2net-02-03868>
- Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhao, G., Zhang, L., Liang, Z., & Qin, P. (2023). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 410, 135290. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135290>
- Rostami, F., Taherpour, K., Ghasemi, H. A., Akbari Gharaei, M., & Shirzadi, H. (2021). Efectos del extracto hidroalcohólico de *Scrophularia striata* en comparación con la salinomicina sobre el rendimiento del crecimiento, la salud intestinal y la inmunidad en

- pollos de engorde después de un desafío con especies mixtas *de Eimeria*. *Veterinary Parasitology*, 293, 109417. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109417>
- Sharma, U. N. S., Fernando, D. D., Wijesundara, K. K., Manawadu, A., Pathirana, I., & Rajapakse, R. P. V. J. (2021). Anticoccidial effects of *Phyllanthus emblica* (Indian gooseberry) extracts: Potential for controlling avian coccidiosis. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 25, 100592. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100592>
- Sidiropoulou, E., Skoufos, I., Marugan-Hernandez, V., Giannenas, I., Bonos, E., Aguiar-Martins, K., Lazari, D., Blake, D., & Tzora, A. (2020). In vitro Anticoccidial Study of Oregano and Garlic Essential Oils and Effects on Growth Performance, Fecal Oocyst Output, and Intestinal Microbiota in vivo. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 420. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00420>
- Snyder, R. P., Guerin, M. T., Hargis, B. M., Kruth, P. S., Page, G., Rejman, E., Rotolo, J. L., Sears, W., Zeldenrust, E. G., Whale, J., & Barta, J. R. (2020). Restoration of anticoccidial sensitivity to a commercial broiler chicken facility in Canada. *Poultry Science*, 100(2), 663-674. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.042>
- Williams, R. B. (2005). Intercurrent coccidiosis and necrotic enteritis of chickens: Rational, integrated disease management by maintenance of gut integrity. *Avian Pathology*. <https://doi.org/10.1080/03079450500112195>
- Yadav, S., Teng, P.-Y., Souza dos Santos, T., Gould, R. L., Craig, S. W., Lorraine Fuller, A., Pazdro, R., & Kim, W. K. (2020). The effects of different doses of curcumin compound on growth performance, antioxidant status, and gut health of broiler chickens challenged with *Eimeria* species. *Poultry Science*, 99(11), 5936-5945. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.046>
- Yang, C., Chowdhury, M., A. K., Hou, Y., & Gong, J. (2015). Phytogetic Compounds as Alternatives to In-Feed Antibiotics: Potentials and Challenges in Application. *Pathogens*, 4(1), 137-156. <https://doi.org/10.3390/pathogens4010137>
- Youssefi, M. R., Alipour, R., Fakouri, Z., Shahavi, M. H., Nasrabadi, N. T., Tabari, M. A., Crescenzo, G., Zizzadoro, C., & Centoducati, G. (2023). Dietary Supplementation with Eugenol Nanoemulsion Alleviates the Negative Effects of Experimental Coccidiosis on Broiler Chicken's Health and Growth Performance. *Molecules*, 28(5), 2200. <https://doi.org/10.3390/molecules28052200>
- Zhang, K., Li, X., Na, C., Abbas, A., Abbas, R. Z., & Zaman, M. A. (2019). Anticoccidial Effects of *Camellia sinensis* (Green Tea) Extract and Its Effect on Blood and Serum Chemistry of Broiler Chickens. *Pakistan Veterinary Journal*. <https://doi.org/10.29261/pakvetj/2019.119>