

# **Efecto de la suplementación de diferentes fuentes de zinc sobre el control de *Eimeria* spp., y el crecimiento de dos razas ovinas en el trópico de altura colombiano**

**Rubén Darío Torres Moncada**

Universidad Nacional de Colombia  
Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de Producción Animal  
Bogotá, Colombia  
2022



# **Efecto de la suplementación de diferentes fuentes de zinc sobre el control de *Eimeria* spp., y el crecimiento de dos razas ovinas en el trópico de altura colombiano**

**Rubén Darío Torres Moncada**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Magister en Producción Animal**

Director (a):

(Ph.D., MV), Germán Afanador Téllez

Codirector (a):

(Ph.D., MV,) Jimmy Jolman Vargas Duarte:

Universidad Nacional de Colombia  
Medicina Veterinaria y de Zootecnia  
Departamento de Producción Animal  
Bogotá, Colombia

2022



*(Dedicatoria o lema)*

*A la memoria de mi padre Enrique Torres Lamus, y sobre todo a mi madre, Ligia Moncada, porque siempre me dio las mejores oportunidades que pudo*

*La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.*

*Albert Einstein*



## Declaración de obra original

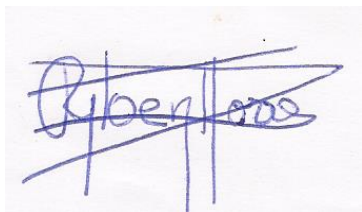
Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rubén Darío Torres", with a large, sweeping horizontal stroke across the top of the letters.

Rubén Darío Torres

Fecha: 26/mayo/2022

## **Agradecimientos**

A la CUD por financiar la investigación, al Doctor Germán Afanador y Jimmy Vargas; al Doctor Henry Grajales por apoyar este trabajo de tesis, a los doctores Martha Suarez, Jaime Fernando González y Ligia Jimenez por siempre estar ahí cuando necesitaba a alguien con quien hablar, a Kimberly Capdevila, Diana Moreno, Yuranis Avila, Camilo Hernández, Sonia Osorio, Leonardo Ortega, Lucía Arias, por su colaboración en la toma de datos, Israel Rengifo por la alimentación y el manejo de los animales y todas las personas que hicieron esto posible.



## Resumen

### **Efecto de la suplementación de diferentes fuentes de zinc sobre el control de *Eimeria* spp., y el crecimiento de dos razas ovinas en el trópico de altura colombiano**

En Colombia el conocimiento sobre la infección por *Eimeria* y sus manifestaciones clínicas y subclínicas en ovinos es escaso. El objetivo de este estudio fue conocer las especies de *Eimeria* en el rebaño del (CIDTEO) y el efecto de la suplementación de zinc con fuentes inorgánica y orgánica en la excreción de ooquistes, así como, la presencia de diarrea y la disminución de la ganancia de peso para las razas Criollo y Hampshire y además evaluar el crecimiento de estas razas descritas al relacionar el peso corporal con medidas lineales, en el Centro Agropecuario Marengo (CAM). El peso corporal y su asociación con las medidas lineales se obtuvo para las dos razas. Se identificaron por caracteres morfológicos y morfométricos y en las cuatro razas presentes: Criolla, Hampshire, Romney Marsh y Corriedadale, las especies *E. ashata*, *E. ovinoidalis*, *E. crandallis*, *E. faurei*, *E. granulosa*, *E. parva*, *E. weybridgensis*, *E. pallida*, *E. ovina* and *E. punctata* Para la suplementación con zinc, se estimó el consumo de la pradera, la sal mineral suministrada y el suplemento orgánico o inorgánico hasta alcanzar 100 mg/kg de materia seca ingerida. Para la suplementación se encontró que el conteo de ooquistes transformado a log de ooquistes+1 /g de heces (OPG) fue mayor en la raza Hampshire que en la Criolla (2.92 vs 2.29,  $p < 0.05$ ). La principal manifestación fue las heces blandas, la diarrea profusa solo se encontró en 4 / 82 de los individuos. El peso corporal se afectó por la raza y el tipo de parto ( $P < 0.001$ ). La suplementación con zinc no tuvo un efecto protector contra la infección, pero si un impacto en la disminución de la presentación de diarrea y una tendencia a la disminución de la ganancia de peso en el pico de excreción de OPG, el peso corporal fue más alto en los partos simples 7.75 kg vs. 9.69 kg,  $P < 0.05$ ). Además, la raza criolla fue más resiliente a las consecuencias de la infección. La Hampshire mostró mayor peso corporal The Hampshire breed showed higher body weight (9.25 kg vs 8.19 kg). Se desarrollaron ecuaciones para corderos lactantes de las medidas lineales para cada raza.

**Palabras clave:** Coccidiosis, razas, suplementación, Zinc, crecimiento, ooquistes, ecuaciones de predicción

## Abstract

### **Effect of Zinc supplementation in different Zinc sources on the *Eimeria* spp., control and growth of two sheep breeds in Colombian tropic highlands**

Eimeriosis is a disease caused by parasites of the genus *Eimeria*, in Colombia the knowledge about the infection and its manifestations in ovines is scarce. The objective of this study was to know the species of *Eimeria* present in the herds of CIDTEO, and the effect of supplementation with an inorganic and an organic source of zinc on the excretion of oocysts and the presence of diarrhea and the decrease in weight gain in Creole and Hampshire breeds of the Centro Agropecuario Marengo (CAM). The body weight and its association with linear measurements were found for these two breeds. Results: The *Eimeria* species identified in the four breeds analyzed: Criolla, Hampshire, Romney Marsh and Corriedadale were: *E. ashata*, *E. ovinoidalis*, *E. crandallis*, *E. faurei*, *E. granulosa*, *E. parva*, *E. weybridgensis*, *E. pallida*, *E. ovina* and *E. punctata*. For the supplementation phase it was found that the oocyst count, transformed to log oocysts per gram (log OPG) was higher in the Hampshire breed than in the Criolla (2.92 vs. 2.29,  $P < 0.05$ ). The main manifestation was soft stool consistency, profuse diarrhea was found only in 4 / 82 individuals. Lamb body weight was affected by breed and type of lambing ( $P < 0.001$ ). Zinc supplementation had no effect as a protector against infection but did have an impact on decreasing the presentation of diarrhea and a trend toward decreased weight gain reduction at peak oocyst/ g fecal shedding. body weight was higher for single births (7.75 kg vs. 9.69 kg,  $P < 0.05$ ). It was also found that the Criollo breed is more resilient to the consequences of the infection. The Hampshire breed showed higher body weight (9.25 kg vs 8.19 kg), Body weight prediction equations for suckling lambs were developed from linear measures for each breed.

**Key words:** Coccidiosis, breeds, supplementation, Zinc, growth, oocysts, prediction equations.

# Contenido

	<u>Pág.</u>
<b>Efecto de la suplementación de diferentes fuentes de zinc sobre el control de Eimeria spp., y el crecimiento de dos razas ovinas en el trópico de altura colombiano .....</b>	<b>I</b>
<b>Efecto de la suplementación de diferentes fuentes de zinc sobre el control de Eimeria spp., y el crecimiento de dos razas ovinas en el trópico de altura colombiano .....</b>	<b>III</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XIV</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XV</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas.....</b>	<b>XVI</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>17</b>
<b>1. Capítulo 1. Estado del arte: epidemiología y control de coccidiosis en ovinos ...I</b>	
1.1 Introducción general.....	20
1.2 Historia, clasificación, ciclo de vida, determinación y diagnóstico de Eimeria spp., en ovinos.....	21
1.2.1 Historia y clasificación del género Eimeria .....	22
1.2.2 Eimeria spp., y ciclo evolutivo en ovinos .....	24
1.2.3 Identificación de Eimeria spp y diagnóstico.....	26
1.2.4 Identificación de Eimeria spp y diagnóstico.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.5 Dinámica de poblaciones .....	31
1.2.6 Infección e inmunología del parásito.....	31
1.2.7 Especies de Eimeria y su patogenia .....	34
1.2.8 Importancia de la Coccidiosis en la producción ovina .....	35
1.3 Historia, clasificación, ciclo de vida, determinación y diagnóstico de Eimeria spp., en ovinos.....	36
1.3.1 Importancia de la Coccidiosis en la producción ovina .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.2 Tratamiento químico .....	37
1.4 Métodos de control no convencional .....	38
1.4.1 Tratamiento químico .....	38
1.4.1.1 <b>Funciones del Zinc</b> .....	39
1.4.1.2 <b>Distribución y concentraciones de Zinc en los tejidos</b> .....	40
1.4.1.3 <b>La Deficiencia de Zinc</b> .....	42

1.4.1.4	El uso del Zinc Quelatado.....	43
1.5	Efectos del Zinc sobre el crecimiento .....	45
<b>2.</b>	<b>Capítulo 2. Identificación de las especies de Eimeria en ovinos del Centro Agropecuario Marengo .....</b>	<b>61</b>
2.1	Introducción.....	61
2.2	Materiales y métodos .....	63
2.2.1	Tratamiento químico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.2	Tratamiento químico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.3	Tratamiento químico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.4	Población muestreada .....	64
2.2.5	Toma de muestras.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.6	Análisis de las muestras e identificación de las especies de Eimeria.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.7	Análisis de las muestras e identificación de las especies de Eimeria.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.8	Análisis de las muestras e identificación de las especies de Eimeria.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3	Resultados y discusión.....	67
2.4	Anexo A .....	148
2.4.1	Eimeria ahsata.....	148
2.4.2	Eimeria crandallis .....	148
2.4.3	Eimeria faurei .....	149
2.4.4	Eimeria granulosa.....	149
2.4.5	Eimeria marsica .....	150
2.4.6	Eimeria ovina.....	150
2.4.7	Eimeria ovinoidalis.....	151
2.4.8	Eimeria pallida .....	151
2.4.9	Eimeria parva .....	151
2.4.10	Eimeria punctata.....	152
2.4.11	Eimeria weybridgensis .....	152
2.5	Anexo B .....	154
<b>3.</b>	<b>Capítulo 3. Efecto de la suplementación con Zinc sobre el control de Eimeria spp., en ovinos durante la gestación y la lactancia en condiciones del Trópico de Altura Colombiano .....</b>	<b>82</b>
3.1	Introducción.....	82
3.2	Materiales y métodos .....	84
3.2.1	Área de estudio.....	84
3.2.2	Concentración de Zinc en el forraje y en la suplementación estratégica .....	85
3.2.3	Manejo de la producción .....	86
3.2.4	Animales y grupos experimentales .....	86
3.2.5	Alimentación y suplementación estratégica .....	89
3.2.6	Zinc ingerido por los diferentes grupos experimentales .....	89
3.2.7	Muestras de coprología .....	92
3.2.8	Análisis Estadístico.....	92
3.3	Resultados y discusión.....	94
3.3.1	Crecimiento de los corderos .....	94
3.3.1.1	Peso corporal .....	94
3.3.1.2	Tasa absoluta de crecimiento .....	98
3.3.1.3	Tasa relativa de crecimiento .....	98

<b>3.3.1.4 Tasa instantanea de crecimiento</b> .....	99
3.3.2 Excreción de ooquistes.....	100
3.3.3 Excreción de ooquistes.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.4 Concentración de zinc en leches .....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.5 Zinc en leche materna .....	¡Error! Marcador no definido.
3.4 Conclusiones.....	107
3.5 Recomendaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>4. Capítulo 4. Efecto de la suplementación con Zinc sobre medidas lineales de corderos lactantes en condiciones de Trópico de Altura Colombiano</b> .....	115
4.1 Introducción.....	115
4.2 Materiales y métodos .....	116
4.2.1 Análisis Estadístico.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.2 Análisis Estadístico.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3 Materiales y métodos .....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.1 Estimación del peso corporal de la raza criollo .....	128
4.3.2 Estimación del peso corporal de la raza criollo .....	130
4.4 Discusion .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>5. Conclusiones y recomendaciones</b> .....	138
5.1 Conclusiones.....	141
5.2 Recomendaciones.....	143
<b>A. Anexo: Variables para la identificación de las especies</b> .....	144
<b>B. Anexo: Características de los ooquistes según la especie</b> .....	146
<b>Bibliografía</b> .....	¡Error! Marcador no definido.

## Lista de figuras

	<u>Pág.</u>
<b>Figura 1-1:</b> Características morfológicas y morfométricas de los ooquistes y esporozoítos usados para la identificación de las especies .....	27
<b>Figura 2-1:</b> Variables climatológicas de Marengo durante el experimento de identificación de las especies de Eimeria en CIDTEO .....	643
<b>Figura 2-2:</b> Descripción de la medición de las variables cuantitativas en las estructuras de cada ooquiste .....	644
<b>Figura 2-3:</b> Distribuciones de los conteos de los ooquistes de Eimeria (transformados al logaritmo +1) .....	646
<b>Figura 2-4:</b> Distribuciones de los conteos de los ooquistes de Eimeria (logaritmo +1) , de las razas A. Criolla, B. Romney Marsh, C. Hampshire, D. Corriedale .....	647
<b>Figura 2-5:</b> Sumatoria de las frecuencias relativas de OPG de cada especie de Eimeria spp., excretados por raza .....	648
<b>Figura 2-6:</b> Excreción diferencial de ooquistes de Eimeria spp., según raza.....	648
<b>Figura 2-7:</b> A. Diagrama de cajas y bigotes del conteo de Eimeria spp., discriminando por las 4 razas: a. Criolla; b. Romney Marsh, c. Hampshire, d. Corriedale; B. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis .....	641

## Lista de tablas

Pág.

<b>Tabla 1-1.</b> Número de secuencias de las diferentes especies de Eimeria que afectan a ovinos reportadas en el NCBI.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 1-2.</b> Características de las especies de Eimeria: localización, dosis infectante y período de incubación. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 2-1.</b> Especies reconocidas por la comunidad científica propias de los ovinos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.0</b>
<b>Tabla 2-2.</b> Especies que no han sido reconocidas por la comunidad científica. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.0</b>
<b>Tabla 2-3.</b> Símbolos de los parámetros usados en la identificación de las especies. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.4</b>

Nota: Si es requerido, se puede incluir la lista de cuadros, en caso que se utilicen en el desarrollo de la tesis o trabajo de investigación. Tenga presente que estas lista deben ser generadas de forma automatizada utilizando las opciones que proporciona el software de procesamiento de texto.

## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

SÍMBOLO	TÉRMINO	Unidad
Lo	Longitud de ooquiste	$\mu\text{m}$
Wo	Amplitud de ooquiste	$\mu\text{m}$
Wp	Amplitud de pared	$\mu\text{m}$
Tp	Textura de pared	
Le	Longitud de esporoquiste	$\mu\text{m}$
We	Amplitud de esporoquiste	$\mu\text{m}$
W	Peso	Kg
W14	Peso al día 14	Kg
W28	Peso al día 28	Kg
W42	Peso al día 42	Kg
W56	Peso al día 56	Kg
OPG	Ooquistes / gramo	Ooquistes / gramo de heces
Log OPG	Logaritmo decimal del número de OPG+1	
L10M1	Log OPG al día 14	
L10M2	Log OPG al día 28	
L10M3	Log OPG al día 42	
L10M4	Log OPG al día 56	
L	Longitud	Cm
A	Alzada	Cm
Pt	Perímetro torácico	Cm
Pa	Perímetro abdominal	Cm

### Abreviaturas

#### Abreviatura Término

CAM	Centro Agropecuario Marengo
CIDTEO	Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Extensión Ovino
OPG	Ooquistes / gr de heces
Log OPG	Logaritmo base 10 de OPG



## Introducción

La ovinocultura ha logrado avances importantes en las últimas dos décadas a nivel mundial y aunque en Colombia el sector continúa con tradiciones culturales, la tecnología ha penetrado de manera progresiva los sistemas de producción del Trópico de Altura colombiano con la importación de razas mejoradas, la adquisición de equipos e implementos y el desarrollo de la industria de la lana y la carne, importantes en la economía regional y local. (Ambrosio. 2019; Minagricultura. 2020; Vargas. 2016). La intensificación gradual de la producción ovina ha sido el resultado del descubrimiento de nuevos recursos forrajeros, la disponibilidad de fertilizantes y de minerales traza, que han contribuido a mejorar deficiencias nutricionales específicas y a incrementar la producción de lana y carne (Muñoz *et al.* 2019; Le Bodo *et al.* 2020; Plummer *et al.* 2021; Vargas. 2016).

En general, la población ovina del país informada para el año 2022 se distribuía a lo largo de la geografía nacional con los porcentajes mayores en orden descendente son los departamentos de la Guajira (43,7 %) Magdalena (12,1 %), Cesar (10,2 %), Boyacá 8,1 %, Córdoba (3,8%), Antioquia (2,5 %), Meta y Santander cada uno con (2,3 %), Bolívar 2,1 % y Sucre (1,9 %). El único departamento que no reporta presencia de ovinos es Guainía, por su parte los tres municipios con mayor número de ovinos son: Uribia con 342968, Maicao 177,716 y Manaure 143825 (ICA, 2022: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>)

Aunque las Altiplanicies y Laderas Frías no tienen una representación alta en la población de ovinos en Colombia, la producción de carne cobra gran importancia en la microrregión, por su cercanía a escenarios turísticos y grandes centros de consumo. Sin embargo, la producción de lana y carne en ovinos tiene importantes puntos críticos que se deben controlar para hacer más eficiente y efectivo el proceso de producción. (Acevedo. 2009; Avendaño-Rodríguez. 2020; Beltrán Hernández. 2020). En este contexto, hay varias enfermedades que afectan a los ovinos; entre ellas, la eimeriosis, también conocida como

---

coccidiosis, producida por protozoarios del género *Eimeria*. Se ha informado en otras latitudes que la enfermedad produce pérdidas económicas relacionadas con los gastos médicos de los animales afectados (medicinas, hospitalización, mortalidad) (Chartier y Paraud. 2012; Foreyt. 1990; Reginato *et al.* 2020), y las pérdidas en conversión alimenticia por una reducción en las ganancias de peso corporal de los animales (Chartier y Paraud. 2012; Foreyt. 1990; Vargas. 2016). En particular, en el trópico de altura colombiano existen escasos trabajos sobre la eimeriosis, Pulido-Medellín *et al.* (2014), informa una prevalencia 30,9% de *Eimeria* en tres municipalidades que oscilaban entre 1850 y 4200 m snm, y Díaz-Anaya *et al.* (2017), encontraron una prevalencia de 63%, en el departamento de Boyacá entre 1600 y 2600 m snm. Vargas. (2016) informa una prevalencia de 96,6% en la misma área de influencia del presente trabajo, a los 180 días post parto (dpp).

El control tradicional de la coccidiosis se realiza principalmente con quimioprofilaxis, que ha sido efectiva en diferentes tipos de producción ovina. Sin embargo, el incremento de la resistencia a drogas anticoccidiales en aves, (Boulton *et al.* 2018; Lan *et al.* 2017; López-Osorio *et al.* 2020) y ovejas (Odden *et al.* 2018) ha renovado el interés por la prevención y control de la enfermedad a través de estrategias alternativas, sobre todo mediante la ponderación de la relación del parásito con la nutrición de las ovejas. (Liu *et al.* 2022)

La habilidad de una población para adaptarse a un ambiente determinado (fenotipo) depende de la variabilidad genética disponible (genotipo), la interacción entre las variables que expresan esa adaptabilidad y la presión de selección aplicada a dicha población (Blake *et al.* 2015). En particular, en los sistemas de producción ovina, desde su domesticación, tienen un comportamiento estacional en el pastoreo y presentan una dependencia vital de la oferta local de recursos alimenticios y de las condiciones climáticas (Morris. 2017). En estas condiciones, las dinámicas de infección de parásitos se caracterizan por estados libres de contaminación durante el ciclo de vida, ya que las ovejas evitan pastorear muy cerca de los depósitos fecales. De otra parte, los sistemas de rotación de pasturas han mejorado las condiciones nutricionales de los animales e incrementado la bioseguridad y la eficiencia del proceso de producción (Undersander *et al.* 2002).

Esta investigación surgió a partir de experiencias cotidianas del Centro de Investigación Desarrollo y Extensión (CIDTEO) de la Universidad Nacional de Colombia, en términos de la problemática asociada a la alta frecuencia de coccidiosis clínica en corderos, en condiciones semi-intensivas de producción. Los objetivos de la tesis fueron identificar las

especies de *Eimeria* spp., en corderos del rebaño del Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Extensión Ovino (CIDTEO) constituido por cuatro razas ovinas y estimar los efectos de la suplementación con zinc durante la gestación y la lactancia de las ovejas en relación con la carga de ooquistes de las crías, el efecto sobre las principales manifestaciones de la enfermedad y las concentraciones de zinc en leche, además se definieron los patrones de crecimiento y su relación con medidas lineales en corderos lactantes de las razas: Criolla y Hampshire

---

# 1. Capítulo 1. Estado del arte: epidemiología y control de coccidiosis en ovinos

## 1.1. Introducción general

La coccidiosis o eimeriosis es una enfermedad cuyo agente etiológico son parásitos del género *Eimeria*, que se caracterizan por tener un ciclo de vida complejo, infectan aves y mamíferos, se considera como una infección crónica, con la posible permanencia de la infección durante toda la vida, aunque en ovinos, esto sólo se ha podido evidenciar en la especie *Eimeria ovina* (Hidalgo-Argüello y Campillo. 2001). El parásito afecta sobre todo el tracto gastrointestinal, con un significado económico por estimar en la producción ovina.

La mayoría de la literatura sobre coccidiosis se encuentra referenciada en aves por su explotación industrial, sobre todo en pollos de engorde, los cuales se crían a gran escala y con altas densidades de población (Gilbert *et al.* 2020). Según Khodakaram-Tafti y Hashemnia. (2017), hay poca literatura sobre el impacto económico de la enfermedad, traducida como indicadores globales de eficiencia, eficacia y efectividad, entre los cuales están: la conversión alimenticia, depresión en el crecimiento y altas mortalidades de los animales jóvenes. Se estima que las pérdidas llegaron a más de 150 millones de dólares en 1980 (Fitzgerald. 1980, Citado en Saratsis *et al.* 2011), no solo por la disminución en los parámetros mencionados, sino también por los costos adicionales asociados a la asistencia veterinaria y al uso de medicamentos (Gilbert *et al.* 2020).

El control tradicional de la coccidiosis en ovinos se realiza fundamentalmente con tratamientos profilácticos de químicos que alteran el ciclo biológico del parásito (Keeton y Navarre. 2017), dentro de las cuales se encuentran: el amprolio, (un inhibidor competitivo de la tiamina), sulfonamidas, inhibidores de la síntesis de ácido fólico, y triazinas, con diversos mecanismos de acción. Una de las más usadas en rumiantes es el Toltrazuril que interactúa con la biosíntesis de pirimidina mitocondrial vinculada a la cadena respiratoria, y actúa en gametocitos y esquizontes en desarrollo, y el Diclazuril, un análogo de los nucleósidos, y afecta el paso de esquizontes a progametocitos y gametocitos (Chapman *et al.*, 2010; Noack *et al.* 2019; de Souza *et al.* 2020).

Otras medidas de control están asociadas con el manejo de las pasturas para evitar la contaminación de los animales jóvenes por los adultos (Thamsborg *et al.* 1999). Estas

alternativas de control corresponden a medidas sanitarias de la producción y manejo de las pasturas, producción eficiente de forrajes de alto valor nutricional y biológico, uso eficiente de la dieta y status sanitario de la población (Avendaño Rodríguez y Navarro Ortiz. 2020)

En la presente revisión de literatura se analizan y discuten los siguientes temas: 1. Historia, 2. Clasificación, 3. Ciclo de vida, 4. Determinación y diagnóstico de las especies de *Eimeria* en ovinos. 5. Especificidad del sitio y el hospedero del parásito. 6. Métodos convencionales y alternativas de control de la coccidiosis en ovinos. 7. La suplementación con zinc y los hallazgos preliminares del efecto sobre las principales manifestaciones de la enfermedad: diarrea y disminución de la ganancia de peso corporal.

## **1.2. Historia, clasificación, ciclo de vida, determinación y diagnóstico de *Eimeria* spp., en ovinos**

La coccidiosis es una enfermedad parasitaria crónica con un significado económico que varía según sea la intensidad de los sistemas de producción (Hidalgo-Argüello y Cordero del Campillo. 2001; Gilbert *et al.* 2020). En particular las ovejas son parasitadas por diferentes especies de *Eimeria*, que difieren en su patogenicidad y que han sido identificadas y caracterizadas en su morfología y en años recientes con la utilización de técnicas de biología molecular y su asociación con la patología de la enfermedad (Trejo-Huitrón *et al.* 2020) (Tabla 1-1). Tradicionalmente el diagnóstico de coccidiosis se realiza en ovinos por medio del conteo de ooquistes con microscopio de luz, y se relacionan con el grado de infección

**Tabla 1-1.** Número de secuencias de las diferentes especies de *Eimeria* que afectan a ovinos reportadas en el NCBI.

<b>Especie</b>	<b>Número de secuencias</b>	<b>Ovino vivo</b>	<b>Aguas residuales</b>
<i>E. ovinoidalis</i>	9	8	0
<i>E. crandallis</i>	17	9	3
<i>E. weybridgensis</i>	7	4	0
<i>E. ovina</i>	1	0	0
<i>E. ahsata</i>	15	13	1
<i>E. pallida</i>	1	0	0
<i>E. marsica</i>	1	1	0
<i>E. granulosa</i>	2	2	0
<i>E. faurei</i>	3	2	0
<i>E. intricata</i>	2	1	0
<i>E. parva</i>	4	1	0

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos del NCBI. Actualizado el 12-05-2022

Todas las secuencias son parciales o totales de la subunidad pequeña del ribosoma; con excepción de una secuencia de *E. ahsata* (que es de citocromo C), una ventaja en términos de la separación del complejo *E. crandallis* / *weybridgensis*, que es difícil separar morfológicamente (Trejo-Huitrón *et al.* 2020). De otra parte, avances en la identificación morfológica y las técnicas de biología molecular contribuyen a un mejor entendimiento de la epidemiología de la parasitosis, como se observó en el NCBI, hay secuencias de variedades de *E. ahsata*, que complementan los resultados de Kaya. (2002), quienes encontraron variedades de *E. crandallis*

### **1.2.1. Historia y clasificación del género *Eimeria***

*Eimeria* fue probablemente el primer protozoo visto al microscopio por Antoine Van Leeuwenhoek en 1674. La clase Esporozoa fue establecida por Leukart en 1879 que la nombró Coccidium, en parásitos vistos en conejos. Hasta los años 80's predominó en la clasificación de la coccidiosis, la visión de Butschli, en la que se consideraba al género una subclase de la clase Sporozoa. La integración de la ultraestructura con estudios filogenéticos ha propuesto seis clusters de Eucariotes y el antiguo género *Eimeria* ha sido localizado dentro del phylum Apicomplexa (Adl *et al.* 2005). En la actualidad se acepta la siguiente posición taxonómica (Duszinsky *et al.* 2008)

Phylum: Apicomplexa

Clase: Conoidasida

Subclase: Coccidia

Orden: Eucoccidiorida

Familia: Eimeriidae

El filo Apicomplexa Levine. (1970); está conformado por parásitos intracelulares obligados con una estructura conocida como complejo apical, del que deriva su nombre, y que le permite al parásito invadir la célula hospedera. El complejo apical está compuesto por anillos polares, roptrias, micronemas y algunas veces, un conoide, estos parásitos junto a los de la subclase Gregarinasina, forman la clase Conoidasida (Levine. 1988) que se caracteriza por un conoide truncado y hueco, y por la formación de gametocitos intracelulares.

La subclase Coccidia (Leuckart. 1879) se caracteriza porque los ooquistes no presentan fases móviles, se divide en cuatro órdenes, cada uno se distingue por la presencia o no de varios estadios asexuales, o sexuales, el orden con mayor abundancia de especies es Eucoccidiorida (Léger y Duboscq. 1910); el cual tiene ciclos de reproducción asexual y sexual, en la que se forman los esporozoitos, que son las formas de invasión a la célula. Los miembros de la familia Eimeriidae (Minchin. 1903), son monoxenos, es decir hacen todo el ciclo en un solo hospedero (Wilber *et al.* 1998). Dentro de la subclase Coccidia se encuentran algunos parásitos que tienen un desarrollo intestinal, como por ejemplo *Eimeria*, e *Isospora*, pero también otros pueden tener un desarrollo extraintestinal, se pueden mencionar los géneros *Klosiella* entre otros (Levine *et al.* 1980), y por último aquellos que presentan ciclos intestinales en sus hospederos definitivos y extraintestinales en los hospederos intermediarios como *Toxoplasma*, *Sarcocystis* y *Neospora*.

Este género también se caracteriza por la presencia de proteínas similares a perforinas, son esenciales en el ciclo de vida, si bien son más diversas en apicomplexos que infectan células sanguíneas del humano y los animales (por ejemplo, *Plasmodium*, *Babesia*, *Theileria*), también se han reportado algunas de estas proteínas en coccidias; y en el caso específico de *Eimeria*, se sospecha su presencia por marcadores expresados en algunas secuencias. (Kafsack *et al.* 2010).

### 1.2.2. *Eimeria* spp., y ciclo evolutivo en ovinos

Tyzzar *et al.* (1932) estudiaron el ciclo de vida de los coccidios en diferentes hospederos y la morfología del parásito en cada uno. Tyzzar se considera el padre de la coccidiosis moderna y sus mayores hallazgos se relacionaron con la alta especificidad o tropismo del parásito por órganos y tejidos.

De las tres fases del parásito, la esporogonia se desarrolla en el ambiente, las otras dos, esquizogonia y gametogonia se producen en las células del hospedero (López-Osorio *et al.* 2020), en ovinos se encuentran en el tracto gastrointestinal. Las especies de *Eimeria* difieren en patogenicidad e inclusive el sitio del intestino que invaden (López-Osorio *et al.* 2020). Yakhchali y Zarei. (2008) afirman que, de las especies de *Eimeria* que infectan a los ovinos afectan sobre todo al intestino delgado y hay algunos reportes que en los casos más graves alcanzan el intestino grueso o el abomaso (Ammar *et al.* 2019; Maratea y Miller. 2007; Taylor *et al.* 1995)

El ciclo biológico se inicia con la ingestión de ooquistes esporulados, los cuales pueden ser tomados con el material vegetal, o por la contaminación de las ubres de las madres. Estos ooquistes contiene cuatro esporoquistes cada uno con dos esporozoítos que son las formas que invaden las células, los cuales después de la acción sobre los ooquistes de varios factores químicos como la bilis y la tripsina, y físicos como la temperatura y la presión CO<sub>2</sub> de 15% (Burrell *et al.* 2020) inducen la ruptura del micrópilo, el último paso sucede cuando por acción de la tripsina y la bilis, se rompe el cuerpo Stidea, y los esporozoítos invaden las células del epitelio del intestino delgado con un especial tropismo hacia la segunda mitad de este órgano (Khan *et al.* 2011; López-Osorio *et al.* 2020). Los esporozoítos dentro de la célula forman una vacuola parasitófora, el núcleo migra a la periferia. En la vacuola parasitófora se desarrolla el ciclo asexual (esquizogonia) con la formación de dos merogonias, y a partir de la merogonia II se forman los gamontes que inician la fase sexual (gametogonia). La meiosis y formación de los esporozoítos ocurre en el medio ambiente, para lo cual se necesitan unas condiciones de temperatura, humedad y concentración de oxígeno adecuadas para su desarrollo.

La morfología de varios de los estadíos de *E. ninakohlyakimovae* se ha hecho con base en cultivos celulares de riñón de cordero entre los pasajes 14 y el 17, en estos cultivos celulares los esporozoítos se encuentran intracelulares. Cuando invaden la célula empiezan a redondearse y forman los trofozoítos. Se sabe que la invasión de la célula



---

hospedera se produce a partir de un proceso dependiente de calcio, que se almacena en gránulos reportados. Este también es reportado en otras especies de *Eimeria* spp como es *E. acervulina* y *E. tenella*. (Han *et al.* 2013; Lang *et al.* 2009; Miranda *et al.* 2008).

Algunas especies de *Eimeria* que afectan a los ovinos tienen un desarrollo intranuclear, como sucede en *E. ahsata* y en *E. intricata* (Davis y Bowman. 1970 EN Hidalgo-Argüello y Cordero del Campillo. 2001), pero otras, como *E. bakuensis* (syn *E. ovina*) se localizan en el citoplasma entre el núcleo y la superficie luminal (Ball y Pittilo. 1988). Striepen *et al.* (2007) reportaron comportamientos similares en otros miembros del Phylum Apicomplexa, que pueden utilizar el huso mitótico para mantenerse dentro del núcleo, aún después de la mitosis.

Los parásitos intracelulares se dividen de forma asexual (esquizogonia), para formar los esquizontes. En esta fase de reproducción, el complejo apical se forma durante la división, y junto con la mitocondria son esenciales para la sobrevivencia del parásito. En *Plasmodium*, otro parásito Apicomplexa, se ha visto que estos dos organelos se asocian por un periodo de tiempo corto mientras ocurre la división (Striepen. 2007). En la mayoría de las especies es constante el número de generaciones asexuales dentro de la célula hospedera. (Chartier y Paraud. 2012).

Kelley y Hammond. (1972) también describen el desarrollo de la esquizogonia de *E. ninakohlyakimovae*. Los esquizontes de primera generación conocidos como esquizontes gigantes o macroesquizontes, miden entre 78 -400µm y contienen miles de merozoítos, los cuales invaden nuevas células y, en la mayoría de las especies dan lugar a una segunda generación de esquizontes, más pequeños que contienen menos merozoítos, que los de la primera generación (Hidalgo-Argüello y Cordero del Campillo. 2001).

Los merozoítos de II generación originan formas conocidas como “pro-gametocitos”, que se dividen por fisión binaria, estimulan a la célula hospedera y se dividen de forma sincrónica con ella, mecanismo que produce un número infinito de generaciones. Striepen *et al.* (2007) reportan este mismo comportamiento en *Theileria*, en este caso es debido a que los parásitos se ubican en los centrosomas de la célula hospedera, pero hay un punto que el parásito cesa de dividirse, a pesar que continúa haciéndolo la célula; y esto sucede cuando se han originado las formas sexuales (gametogonia), los progametocitos sufren hipertrofia y los gametocitos o gamontes; se diferencian en gametocitos redondeados y

---

con gránulos formadores de la pared, los macrogametos, o en microgametos uninucleados y flagelados. Esta es la fase del ciclo más patógena (Ball y Pittilo. 1988; Burrel *et al.* 2020; Hidalgo-Argüello y Cordero del Campillo. 2001; Martorelli *et al.* 2020).

Cuando los gametos se unen se forma un cigoto de aspecto redondeado y al cual lo rodea una membrana fuerte, esta estructura recibe el nombre de ooquiste, que se expulsa inmaduro al exterior; y en el ambiente, se produce la esporogonia, proceso en el cual dentro del ooquiste se originan cuatro esporoquistes y dos esporozoítos al interior de cada uno, para un total de ocho esporozoítos por ooquiste. Este ooquiste ya maduro es la forma infectante del parásito (Chartier y Paraud. 2012).

En algunas especies, el ciclo es más complicado debido a que algunos merozoítos pueden abandonar las células epiteliales y entrar en otro tipo de células del intestino o de tejidos adyacentes, por ejemplo, ganglios mesentéricos en el caso de *E. ovina* o *E. ahsata* (Saleh Baberi *et al.* 2021). Esa es la razón por la que los estadios extraintestinales pueden sobrevivir a la acción de la quimioterapia y de la inmunidad local, y actuar como reservorios que pueden reanudar el desarrollo cuando hay situaciones de inmunodepresión (Chartier y Paraud. 2012). Este comportamiento y el hecho que se multipliquen con la célula hospedera hace que la infección sea persistente en el animal infectado. A pesar de que el desarrollo de la inmunidad no es total, sí tiene importancia clínica, debido a que reduce la multiplicación y controla el parásito (Taylor *et al.* 2011).

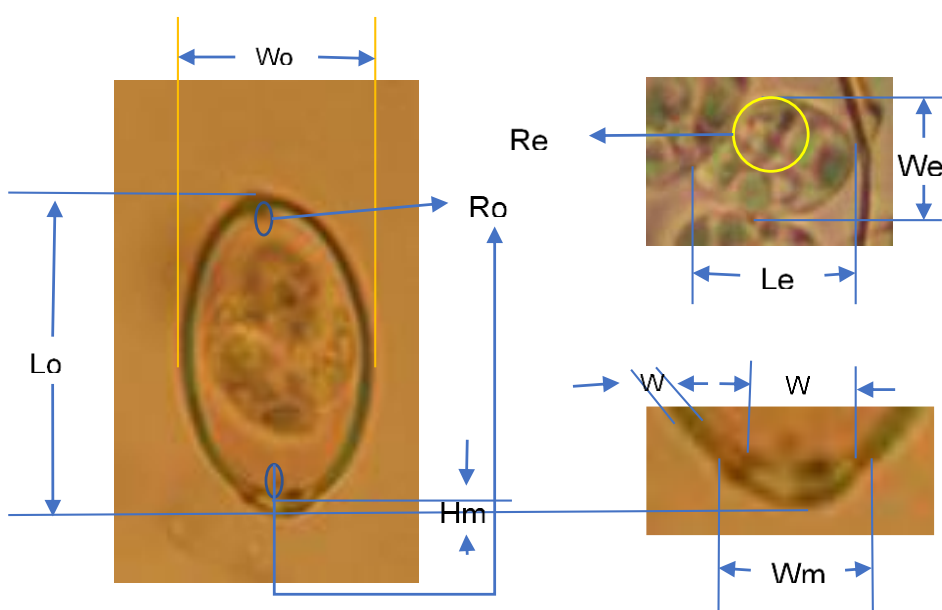
### **1.2.3. Identificación de *Eimeria* spp y diagnóstico**

Las especies de *Eimeria* spp., que parasitan a los ovinos se diferencian por su morfología y patogenicidad. La técnica de conteo de ooquistes mediante la cámara de McMaster ha sido usada ampliamente como método de laboratorio para monitorear la infección de coccidiosis en las explotaciones ovinas. Esta técnica también permite determinar los patrones individuales de eliminación de OPG de heces (OPG) por microscopía de luz (Peek y Landman. 2003). Otras modificaciones a la técnica estandarizada de conteo han sido introducidas recientemente (Haug *et al.* 2006).

En la identificación morfológica y morfométrica de las especies se usan las características sugeridas por Al-Saadoon y Al-Rubaie. (2018); Bayer®. (2010), Duszynski y Wilber. (1997) y Trejo-Huitrón *et al.* (2020), a saber: Longitud del Ooquiste (Lo), Amplitud del ooquiste (Wo), Relación Lo/Wo, amplitud de la pared del ooquiste tomada en su punto más ancho,

color del ooquiste, presencia / ausencia del capuchón polar u opérculo, y sus características: ancho del opérculo tomado en el punto más ancho de la capa opercular, (Figura 1-1). En el esporoquiste se tienen en cuenta las siguientes variables: Longitud del esporoquiste ( $Le$ ), Amplitud del esporoquiste ( $We$ ), Relación  $Le/We$ , y por último la disposición de los esporozoítos dentro del esporoquiste, esta última no fue reportada por Duszynski y Wilber. (1997), pero sí es importante para poder identificar entre sí las especies *E. crandallis* y *E. weybridgensis*.

**Figura 1-1.** Características morfológicas y morfométricas de los ooquistes y esporozoítos usados para la identificación de las especies



En los inicios de 1990 se demostró que mediante rARN y rADN se pueden identificar diferentes especies de *Eimeria* spp. Un diagnóstico basado en secuencias de estos genes ha sido utilizado en diferentes estudios (Albayati *et al.* 2020; Ammar *et al.* 2019; Schnitzler *et al.* 1999; Trejo-Huitrón *et al.* 2020; Yang *et al.* 2014). Las especies de *Eimeria* son los protozoarios parásitos más comunes y conocidos de más de 900 especies diferentes de animales vertebrados e invertebrados que incluyen: anélidos, insectos, reptiles, anfibios, aves y mamíferos (Duszynski. 2021; Sevillano *et al.* 2019; Yang *et al.* 2013). Pero históricamente se asume que son altamente específicos para su hospedero, con este concepto se refiere a la restricción del parasitismo para las especies de *Eimeria* a un limitado número de hospederos (Levine. 1973)

### **1.2.4. Aspectos clínicos y epidemiológicos de la enfermedad**

En ovinos la coccidiosis cursa de forma clínica y subclínica. Hashemnia *et al.* (2011), encontraron que la infección provoca diarrea, que puede ser sanguinolenta (Taylor *et al.* 2011), con palidez de la mucosa ocular, y languidez entre otros. La diarrea puede durar varias semanas y en algunos casos ser fatal (Skirnisson y Hanson. 2006). A pesar de que todas las edades son susceptibles, la enfermedad en corderos lactantes es más frecuente. Esto se debe a que los corderos nacen en un ambiente contaminado, y entran en contacto con el parásito desde los primeros días de vida. Skirnisson. (2007) afirma que debido a que en animales adultos permanece la infección, las hembras parturientas eliminan ooquistes, a partir de los cuales se infectan los corderos. Varios estudios muestran que no hay presentación de coccidiosis clínica. Platzer *et al.* (2005) encontraron que a pesar de que no observaron coccidiosis clínica, sí se presentaron casos de un aumento en la humedad de las heces. Por su parte, Aleksandersen *et al.* (2002), demostraron una amplia variedad en los signos clínicos, desde coccidiosis subclínica con diarrea leve, hasta diarrea sanguinolenta y deshidratación severa.

La coccidiosis afecta comúnmente a los corderos lactantes entre las semanas 4 a 8 de vida, ya sea en confinamiento o en sobrepastoreo. En zonas templadas es muy frecuente que la enfermedad se observe en zonas bajas con capacidades de carga altas (20 ovejas por hectárea). Además, el estrés también juega un papel importante en la susceptibilidad de las ovejas a la coccidiosis. La enfermedad se observa con menos frecuencia en animales en pastoreo comparados con animales estabulados (Karlsson y Greef. 2012), y también en partos simples, comparado con mellizos o trillizos, lo cual sugiere que la nutrición y la alimentación, entre otros factores, es fundamental en la susceptibilidad a la enfermedad. En las Laderas Frías o las Altiplanicies de Colombia, la enfermedad parecería ser menos frecuente debido a que los productores ovinos utilizan ovinos nativos o Criollos (Vargas. 2016).

Se considera que una fuente de infección para los corderos son las madres, los parásitos establecidos se multiplican rápido, de tal forma que el cordero se infecta con miles de ooquistes durante la primera semana de vida y es muy probable que libere millones al ambiente en las siguientes dos a tres semanas, y como consecuencia los ooquistes esporulados en el ambiente son un gran reto para los corderos que nacen después de las

---

tres semanas, cuando se observa la máxima manifestación de la enfermedad (Platzer *et al.* 2005, Silva *et al.* 2011).

Se ha reportado que, si bien las manifestaciones de la infección son más graves en corderos, la infección es más frecuente en adultos. Hay varias teorías que lo explican (Albayati *et al.* 2020; Khan *et al.* 2011; Skirnisson y Hanson. 2006), una de ellas afirma que es mediante la capacidad de adquirir inmunidad en los adultos (Taylor *et al.* 2011), otra que es por prácticas de manejo de la producción (Yakhchali Golami. 2008; Yakhchali y Zarei. 2008). En contraste, otros estudios soportan que son los corderos los más infectados frecuentemente, la explicación es que la inmunidad adquirida durante los estadios jóvenes es parcial y puede protegerlos parcialmente de la reinfección (Carneiro *et al.* 2022; Chartier y Paraud. 2012; El-Alfy *et al.* 2020; Mohamaden *et al.* 2018). Un pico de coccidiosis clínica se observa entre la segunda y tercera semana de edad, especialmente cuando los corderos se transportan por tiempos prolongados (Taylor *et al.* 2011). De igual manera Platzer *et al.* (2005), reportan que el aumento de la frecuencia con la edad, es atribuible a la persistencia del parásito en el ambiente (Olmos *et al.* 2020).

Vasilková *et al.* (2004) encontraron en los corderos algunos factores de riesgo, como son: climas hostiles, estrés del destete, cambio de dieta y reagrupamiento. Igualmente, las altas densidades son un factor de riesgo debido a la mayor contaminación del entorno, porque se les proporciona a los oocistas la temperatura, humedad y oxígeno necesarios para que se formen los esporozoitos (Gauly *et al.* 2004; Platzer *et al.* 2005). Además, Idris *et al.* (2012), encontraron que había mayor presencia de huevos / gramo de algunos helmintos en los animales que estaban infectados con *Eimeria* comparados con los que no lo estaban, lo que sugiere un efecto sinérgico entre las dos infecciones.

Diferentes estudios muestran la prevalencia de la coccidiosis en ovinos a saber: en Algeria 56,2% (Meradi y Bentounsi. 2021), en China de 43% (Berriatua *et al.* 1995), en Alemania 34%. Bakunzi *et al.* (2010) encontraron en una provincia de Sur África, 100% de prevalencia de *E. crandallis* y *E. ovina*, pero 60% para *E. weybridgensis*, *E. ahsata* 40%, y *E. intricata* y *E. ovinoidalis* cada una con 20% de prevalencia. En contraste, Nuvor *et al.* (1998) reportaron que la especie más prevalente fue *E. parva*, con un pico entre octubre y noviembre; y la segunda fue *E. pallida* con un patrón similar, seguida por *E. faurei*, la cual presentó un pico en diciembre, y. McKenna *et al.* (1972) hallaron a *E. ninakohlyakimovae* (syn. *E. ovinoidalis*) y *E. crandallis* como las dos más prevalentes en Nueva Zelanda.

---

En Latinoamérica la prevalencia reportada para México fue de 77% (Trejo-Huitrón *et al.* 2020; Valdez. 2006), en Brasil las prevalencias descritas por fueron de 66,18% y de 47,8%, (De Macedo *et al.* 2019; De Macedo *et al.* 2020), en Rio Grande do Sul se registró una prevalencia de 68,69% y los corderos fueron los más frecuentemente infectados (Martins *et al.* 2022), y Carneiro *et al.* (2022), reportan prevalencia de 82,03% en granjas del estado de Paraná; en Argentina un promedio de 16,63% (Olmos *et al.* 2020).

En Colombia, en el departamento de Córdoba, Ensuncho-Hoyos *et al.* (2014) informan una prevalencia general de 81,61%, mientras que, en el Trópico de Altura, Pulido-Medellín *et al.* (2020) informan una frecuencia de 93%, y Pinilla *et al.* (2019) en tres municipios: dos de Boyacá y uno en Santander fue 62,9 % Sin embargo, hasta la fecha no hay trabajos que identifiquen más allá del nivel de género *Eimeria*, (Vargas. 2016) por lo cual no se puede sugerir prevalencias por especie.

El ambiente es un factor importante porque hay diferencias en la prevalencia asociada al clima, altura sobre el nivel del mar y tipo de explotación. Las prevalencias de algunas especies tienen un comportamiento estacional. Por ejemplo, en Islandia en otoño e invierno temprano las especies más frecuentes fueron *E. ovinoidalis* y *E. ovina*, en contraste, *E. weybridgensis* y *E. granulosa* fueron menos frecuentes y la excreción de ooquistes fue menor en estos meses, mientras que *E. parva* y *E. ahsata* no variaban a lo largo del año (Alcalá-Canto *et al.* 2020; Skirnisson. (2007). Por otro lado, Bakunzi *et al.* (2010), informan que en Sur África el conteo de ooquistes fue mayor en la estación caliente y de mayor pluviosidad.

Con excepción de *E. caprovina*, que infecta a cabras y puede infectar a ovejas de forma experimental, los ovinos se infectan sólo con sus propios coccidios, pero, algunas de las especies que infectan a la oveja doméstica también pueden encontrarse en otros miembros del género *Ovis* (Gómez-Bautista *et al.* 1996; More *et al.* 2011). La única excepción a esta regla podría ser *E. ninakohlyakimovae*, que algunos autores creen que es una confusión con *E. ovinoidalis*. Es muy raro encontrar en la naturaleza infecciones únicas, lo más común es encontrar infecciones mixtas, (Kaya. 2002; Platzter *et al.* 2005; Yakhchali y Zarei. 2008). Se han reportado casos de coinfecciones hasta con ocho especies (Wang *et al.* 2010), nueve especies (Gauly *et al.* 2004; Skirnisson. 2007), e incluso 10 especies. (Kaya *et al.* 2002, More *et al.* 2011)

Bakunzi *et al.* (2010) encontraron seis especies: *E. crandallis*, *E. ovina*, *E. weybridgensis*, *E. ahsata*, *E. intricata* y *E. ovinoidalis*; cuando se hicieron conteos de OPG, hubo un rango entre 263-863 OPG, y tuvieron una disminución entre marzo y agosto, y estos valores se mantuvieron bajos hasta octubre, con los valores más bajos en junio. Estos patrones pueden deberse a que la humedad y los valores mínimo y máximo de la temperatura se presentaron en esta época. Harper. (1998) en un estudio en Suráfrica en un hato de ovejas y cabras observaron que el mayor número de OPG fue en el mes de marzo, durante los últimos días del verano en el hemisferio sur. Pero la prevalencia varía con las condiciones ambientales, así como con la edad, (Dos Santos *et al.* 2019).

Platzer *et al.* (2005); reportan que, en el período alrededor del parto *E. ovinoidalis* estaba presente en 28,3% de las muestras, seguida por 27.3%, del complejo *E. crandallis / weybridgensis*, *E. ahsata* con 19.1%, *E. ovina* 18.4%, *E. parva* 14.0%, *E. pallida* 10.9%, *E. faurei* 4.8% y *E. granulosa* 1.0%. En lo que se refiere a la intensidad de la infección tomada como OPG, se encontró que los valores más altos los presentaron *E. bakuensis* y *E. crandallis / weybridgensis* con 2733 OPG, y *E. ovinoidalis* 1800 OPG, y conteos mayores de OPG en los corderos. Al respecto, Gaulty *et al.* (2001) encontraron nueve especies de *Eimeria* en ovejas: *E. ahsata*, *E. ovina*, *E. faurei*, *E. granulosa*, *E. intricata*, *E. ovinoidalis*, *E. pallida*, *E. parva*, y *E. crandallis / weybridgensis*, los mayores conteos de OPG las tuvieron *E. crandallis / weybridgensis*, *E. parva* y *E. ovinoidalis*

### **1.2.5. Dinámica de poblaciones**

Se reconoció que la dinámica de las poblaciones silvestres varía con los hábitos de la especie hospedera (Nunn *et al.* 2011); sin embargo, en animales domésticos, las prácticas de manejo como la edad del destete podrían cambiar estos hábitos. (Taylor *et al.* 2011). Además, un tiempo de permanencia prolongado de los ooquistes en el suelo, o en el hospedero favorecen la dispersión del agente patógeno porque la prevalencia aumenta conforme se incrementa la defecación de los animales enfermos. (Nunn *et al.* 2011)

### **1.2.6. Infección e inmunología del parásito**

La mayoría de las hembras con una carga baja de coccidios, eliminan un pequeño número de ooquistes en forma constante (Foreyt. 1990). Los corderos lactantes también eliminan ooquistes antes de salir al pastoreo (Chapman *et al.* 1973) con una variación importante

---

entre individuos, variación que está asociada con factores propios del hospedero como la susceptibilidad de la raza, la edad de la infección, el desafío continuo con ooquistes infectantes, sobre todo en condiciones en que los animales se explotan con limitantes en la salud y el manejo nutricional (Mason. 1977) y factores asociados al parásito como la dosis infectante y la virulencia e infecciosidad de las especies. (Wang *et al.* 2010)

La tasa de excreción de ooquistes disminuye o se estabiliza en los corderos, con niveles semejantes a los de los adultos. Wang *et al.* (2010) muestran que, a la tercera semana de edad, todos los corderos excretan ooquistes y a partir de esta edad se observa un aumento progresivo con un pico temprano entre las semanas 4-6 de edad, pero corderos con cargas de  $1 \times 10^6$  (OPG), no presentaban síntomas clínicos. Los corderos criados en camas de tamo de cereales tenían un menor recuento de ooquistes después del primer pico, estos presentaron entre la tercera y cuarta semana posdestete un segundo pico, mientras que los corderos criados en piso de metal fenestrado presentaron una caída más aguda en los recuentos después del primer pico, con un aumento posterior progresivo hasta el segundo el cual fue menor que el experimentado por los corderos criados en tamo de cereales (Taylor *et al.* 1973). En Inglaterra, Taylor *et al.* (2011) reportan que la enfermedad se presenta en primavera, cuando los corderos tienen 3-8 semanas de edad. En condiciones de pastoreo, corderos clínicamente normales con ambientes diferentes de cría mostraron que los recuentos promedios de ooquistes presentaban un coeficiente de regresión muy similar (Pout *et al.* 1976). Corderos aparentemente sanos con edades entre dos a ocho semanas excretaron un gran número de ooquistes en las heces (250 a 500000 OPG), y algunos corderos excretaron hasta 15 millones de OPG. En un estudio realizado en Chile, los autores concluyeron que corderos entre dos a tres meses de edad serían las fuentes más altamente contaminantes de las pasturas; pero, no hubo casos clínicos durante este estudio (Valenzuela *et al.* 1988).

La habilidad del hospedero para desarrollar una respuesta inmune varía con condiciones propias del hospedero y del parásito. La respuesta inmunológica limita la acción del parásito durante la primoinfección y previene o limita infecciones subsecuentes. La respuesta inmune a *Eimeria* spp puede ser humoral o celular, esta última es la más importante en la resistencia a la reinfección (Radostits *et al.* 2002). Los mecanismos efectores operan directa o indirectamente, en el primer caso por la activación de los mecanismos de defensa intracelular y en el segundo, por la destrucción de la célula hospedera por mecanismos de citotoxicidad. La forma cómo funciona la inmunidad frente



---

a la infección, se ha estudiado mucho en aves, en estos hospederos se expresa sobre todo en los intestinos y el tejido linfoide, lo cual forma en conjunto un complejo que contiene grandes proporciones de tejido linfoide total, similar a los mamíferos, y produce una respuesta inmune en el tejido denominado GALT (*Gut Associated Lymphoid Tissues*), responsable de la activación de los linfocitos productores de citosinas, producción de anticuerpos por las células B y citotoxicidad de las células T. Las linfoquinas, entre otros estímulos inician la inflamación del intestino y producen un aumento de la permeabilidad vascular epitelial, fagocitosis y alteraciones estructurales de la fisiología intestinal, características de la expresión inmune contra *Eimeria* spp (Rose *et al.* 1994). La activación de los linfocitos T es fundamental para el desarrollo de la inmunidad contra *Eimeria* con la participación de células CD4+ y CD8+. Además, son importantes para la formación de anticuerpos contra *Eimeria*, ya que actúa de manera especial contra los estadios extracelulares del parásito. Los anticuerpos poseen una función de ayuda, pero no son fundamentales en la acción contra *Eimeria* spp (Rose *et al.* 1994).

La diversidad de etapas de desarrollo de la *Eimeria* permite que los parásitos no sean eliminados por la respuesta inmune del hospedero y completar así su ciclo de vida, sin embargo, este proceso estimula la memoria inmunológica que le permite al hospedero evitar reinfecciones (Rose *et al.* 1994). Los estadios parasitarios que mejor estimulan el desarrollo de la inmunidad contra *Eimeria* spp., varían de acuerdo con la especie, pero en general son las que participan en la esquizogonia, (Urquhart *et al.* 1998). Los esquizontes de primera generación son poco inmunogénicos, mientras los de segunda generación son los más efectivos (López-Osorio *et al.* 2020).

Taylor *et al.* (2011), reportan que hay transferencia de inmunidad pasiva contra el parásito en el calostro. pero, los anticuerpos maternos desaparecen a los 13 días de edad (Reeg *et al.* 2005), de manera que, a las 4 semanas, los corderos no tienen protección de inmunidad materna contra *E. crandallis* y *E. ovinoidalis*, consideradas las especies más patógenas (Taylor *et al.* 2011). Debido a que los anticuerpos maternos desaparecen muy rápido, y que es frecuente encontrar infección entre las semanas 4-7 de edad, es en este momento cuando se desarrolla una inmunidad activa que protege de forma parcial contra las infecciones. En estas investigaciones se encontró que en esta edad hay un pico en la susceptibilidad de los corderos no sólo porque se agota la inmunidad pasiva, sino también parcialmente se lleva a cabo el desarrollo fisiológico del neonato. Además, es más común encontrar más vulnerabilidad a la enfermedad en partos gemelares.

### 1.2.7. Especies de *Eimeria* y su patogenicidad

En la literatura se han descrito dentro del género 59 especies, pero no hay un consenso sobre cuáles son las especies infectantes para las ovejas. No obstante, se han informado 12 especies que parasitan a los ovinos: *E. crandallis*, *E. ovinoidealis*, *E. ahsata*, *E. parva*, *E. intricata*, *E. weybridgensis*, *E. faurei*, *E. granulosa*, *E. pallida*, *E. punctata*, *E. bakuensis*, y *E. gilruthi* (Toulah. 2007) y de estas las más patógenas pueden causar manifestaciones clínicas por sí solas. Berriatua *et al.* (1995) afirman que *E. crandallis* y *E. ovinoidealis* fueron las causantes de enfermedad en los ovinos. Khan *et al.* (2011) informan 14 especies capaces de afectar a los ovinos: las mismas 12 además de *E. gonzalezi*, More *et al.* (2011), reportaron tres nuevas especies que afectaban a las ovejas: *E. balloonii*, y *E. beedatus* y: *E. ajantai*. Estos autores encontraron a *E. crandallis* y a *E. parva* como las especies más prevalentes, seguidas por *E. weybridgensis*, *E. ninakohlyakimovae*, *E. intricata*, *E. ahsata*, *E. ovina*, *E. ajantai*, y las especies *E. balloonii*, y *E. beedatus*.

Berriatua *et al.* (1994) y Kaya. (2002) encontraron en *E. crandallis* la especie con mayor número de variedades: Una variedad azul grisácea en la pared, mientras que la otra presentó una coloración naranja y un ooquiste más pequeño, y una tercera variedad más pequeña, sin opérculo y con ooquistes parecidos a los de *E. pallida* y *E. parva*, esto es el ooquiste es redondo, no elipsoidal. En el caso de la variedad pequeña, la pared es más delgada y pálida y no tiene cuerpo polar. A pesar de que todos los autores señalan que *E. intricata* y *E. ovina* no son patógenas para las ovejas, sí pueden afectar su desempeño productivo (Nuvor *et al.* 1998).

Aunque algunos autores sugieren que las especies de *Eimeria* spp que afectan a los ovinos son especie específicas; algunos reportes muestran que *E. ovina*, *E. granulosa*, *E. ahsata*, *E. crandallis*, *E. intricata*, *E. faurei*, *E. ovinoidealis*, y *E. parva* han sido encontradas en *Ovis musimon*; (Gómez-Bautista *et al.* 1996; Hidalgo-Argüello y Cordero del Campillo. 2001), y también, algunas de las especies anteriormente mencionadas se han encontrado en intestinos de cabras (More *et al.* 2011), también hay reporte que ovejas y cabras pueden compartir y hacer transmisión cruzada de *E. caprovina*, *E. pallida*, *E. punctata* y *E. gilruthi* (Gómez-Bautista *et al.* 1996; More *et al.* 2011). Por otra parte, Abo-Shehada y Abo-Farieha. (2003), también informaron *E. parva* en algunas de las cabras estudiadas en el Norte de Jordania.

El sitio anatómico afectado, el nivel de patogenicidad, la dosis infectiva total y el período de incubación de las especies de *Eimeria* se observan en la tabla 1-2. Las especies más patógenas *E. crandallis* y *E. ovinoideal* tienen las dosis infectivas más bajas (500 y 250 ooquistes), presentan cierto tropismo por el intestino grueso (Taylor *et al.* 1995) y son las especies con mayor número de merozoítos producidos a partir de los esquizontes de primera generación (Mundt *et al.* 2009), lo anterior explica los resultados encontrados por Meradi y Bertounsi (2021), quienes encontraron evidencias de diarrea como consecuencia de la infección por las dos especies, y de anemia en el caso de *E. ovinoideal*: Las características de las especies de *Eimeria* reportadas se presentan en el anexo B donde se observa la estructura, el diámetro del ooquiste esporulado, la especie, el tamaño, y la forma del ooquiste y sus características relacionadas con el color, la presencia de capuchón polar y las observaciones sobre las características de la pared. (Anexo B).

**Tabla 1-2.** Características de las especies de *Eimeria*: localización, dosis infectante y período de incubación.

<b>Especie</b>	<b>Sitio anatómico afectado</b>	<b>Dosis infectiva (total)</b>	<b>Período de incubación (días)</b>
<i>E. ahsata</i>	Intestino delgado	10000	18-30
<i>E. crandallis</i>	Intestino delgado, Ciego y Colon	500	15-20
<i>E. faurei</i>	Intestino delgado y grueso	10000	13-15
<i>E. granulosa</i>	Desconocido	Desconocido	Desconocido
<i>E. intricata</i>	Intestino delgado	Desconocido	23-27
<i>E. marsica</i>	Desconocido	10000	14-16
<i>E. ovina</i>	Intestino delgado	10000	18-29
<i>E. ovinoideal</i>	Intestino delgado, Ciego y Colon	250	12-15
<i>E. pallida</i>	Desconocido	Desconocido	Desconocido
<i>E. parva</i>	Intestino delgado, Ciego y Colon	5000	12-14
<i>E. punctata</i>	Desconocido	Desconocido	Desconocido
<i>E. weybridgensis</i>	Intestino delgado	5000	23-33

### 1.2.8. Importancia de la Coccidiosis en la producción ovina

La importancia de los ovinos en el bienestar socioeconómico de los productores del trópico de altura no puede subestimarse, ya que el ovino forma parte estructural de la bioeconomía familiar y del manejo de los recursos naturales en estos agroecosistemas. En general, es difícil cuantificar la extensión por la cual la coccidiosis restringe los sistemas de producción de ovinos en condiciones específicas de producción y poder cuantificar el tamaño de la problemática. Los efectos económicos de la coccidiosis están asociados sobre todo con la intensificación de los sistemas de producción (Taylor. 1995), particularmente los estadios

de predestete y destete. Durante los últimos 15 años se han observado cambios profundos en los sistemas de producción de ovejas relacionados con la intensificación de la producción, el incremento del número de corderos por oveja, las altas densidades de carga y una limitada oportunidad en la práctica para realizar pastoreos rotacionales.

El impacto económico producido por estos parásitos podría enmarcarse en el uso de medicamentos, altos costos de tratamientos, consulta veterinaria, reducción del crecimiento y de la ganancia de peso corporal, el incremento de la resistencia de los patógenos, que es muy crítico en pequeños rumiantes (Vercruyssen *et al.* 2006). Las pérdidas económicas se relacionan con una disminución en los parámetros de producción, sobre todo en la coccidiosis subclínica; de forma adicional, la coccidiosis clínica trae como consecuencia la presencia de diarrea y posible mortalidad de los animales (Chartier y Paraud. 2012). En Brasil, se estima que estas pérdidas son significativas de alrededor de US\$ 8 dólares por animal (Pinheiro *et al.* 2002).

La coccidiosis subclínica es la que más pérdidas económicas genera, debido al retraso en el crecimiento producido por una malabsorción de nutrientes (Mundt *et al.* 2009). En este contexto, Reeg *et al.* (2005), reportaron una correlación negativa entre la excreción de ooquistes y el peso corporal de las ovejas a los 40 días de edad. Las pérdidas por parasitismo se han estimado en US\$ 140 millones en 1980 (Saratsis *et al.* 2013).

### **1.3. Historia, clasificación, ciclo de vida, determinación y diagnóstico de *Eimeria* spp., en ovinos**

#### **1.3.1. Susceptibilidad genética**

La heredabilidad con respecto al número de ooquistes por gramo de heces (OPG), o que fue muy baja a los 40 días de edad, en contraste con una alta heredabilidad a los 60 días de edad (Reeg *et al.* 2005). Karlsson y Greef. (2012) plantean el desarrollo de una estrategia de mejoramiento genético para el control de la enfermedad y, de acuerdo con lo expuesto por Reeg *et al.* (2005), está sujeta a investigaciones adicionales de las respuestas a la selección directa e indirecta. Jawasreh *et al.* (2013) reportan diferencias de eliminación de ooquistes en la raza Romanov con respecto a las demás razas estudiadas. Al respecto, Gauly *et al.* (2001) afirman que la susceptibilidad o resistencia a

---

la infección puede ser también un método de control de parásitos a largo plazo, en casos donde no se permite el uso de medicamentos.

### 1.3.2. Tratamiento químico

El Diclazuril parece tener un efecto directo sobre diferentes estadíos del parásito (Taylor *et al.* 2003), especialmente sobre los esquizontes de primera generación. Al parecer, los beneficios son más grandes antes de que el parásito produzca daños graves. Al respecto, Platzer *et al.* (2005), encontraron que los corderos tratados con Diclazuril presentaban mayores ganancias de peso corporal con respecto a los no tratados. Sin embargo, Taylor *et al.* (2011); encontraron que, después de un tratamiento con Diclazuril, a pesar de que se habían disminuido los conteos de ooquistes, había un grupo de corderos en el estudio que estaba eliminando ooquistes de *E. ovinoidalis*.

En ambos estudios, se encontró que los mayores beneficios se lograban con dosis entre 1-2mg/kg. Cuando se utilizan dosis más altas, disminuyen los conteos de ooquistes / g, pero se incrementa la susceptibilidad de los corderos a una reinfección (Taylor *et al.* 2011). A pesar de los beneficios que ofrece el tratamiento, Platzer *et al.* (2005), demostraron que, en corderos, hay un incremento en la prevalencia y en el número de ooquistes / gramo 3-4 semanas después del tratamiento. Sin embargo, también reportan que con el tratamiento se disminuyó la excreción de ooquistes de las especies más patógenas.

Mundt *et al.* (2009), reportan una mayor eficacia con Toltrazuril que con Diclazuril, pero el Toltrazuril tiene un espectro de acción mucho mayor y puede tener efecto sobre más formas del parásito comparado con el Diclazuril. A pesar de que la droga fue administrada a corderos de hasta cinco días de edad, esta fue eficaz en esta edad, tanto a nivel preventivo como terapéutico, De Andrade Junior *et al.* (2012), reportan también el uso eficaz para el tratamiento de la enfermedad, de otra clase de medicamentos, como son sulfas, amprolio, antibióticos ionóforos (lasalocid, monensina, salinomycin), decoquinato, entre otros es eficaz para el tratamiento de la eimeriosis en ovinos. Berriatua *et al.* (1994), usaron sulfametoxipiridazina como tratamiento para los corderos que presentaron un aumento en la humedad de las heces en la coprología. Con el tratamiento se presentó una disminución en la frecuencia de corderos que presentaron heces diarreicas; reportan un tratamiento preventivo con Monensina, cuatro semanas antes del parto y en el momento en que los corderos cumplían un mes de edad.

---

## 1.4. Métodos de control no convencional

### 1.4.1. Tratamiento químico

Varias alternativas para el control de coccidiosis, entre las cuales se encuentran varios aditivos alimenticios que se han usado tradicionalmente en sistemas de alimentación de rumiantes, los cuales se caracterizan por su capacidad coccidicida o que no permiten el desarrollo de los ooquistes hasta su fase infectiva. Dentro de estos componentes podemos encontrar las zeolitas, que se han usado para alimentación en ovejas y no permiten un adecuado desarrollo del parásito, además, cuando los corderos son suplementados con un tipo especial de zeolitas, denominadas clinoptilolitas presentan una mejor ganancia de peso corporal. La suplementación con estos aluminosilicatos produjo una disminución en el conteo de ooquistes en las heces de los corderos, dado que se cree dañan las membranas de los parásitos expuestos a estos agentes en condiciones *in vitro*; sin embargo, Alcalá-Canto *et al.* (2011) plantea que cuando las madres fueron suplementadas, los ooquistes que lograban llegar a la esporulación y llegar a la etapa infectiva, mostraban cambios en la morfología y en la morfometría.

Saratsis *et al.* (2012) encontraron que hubo un 40% en la reducción de la eliminación de ooquistes con respecto a un grupo control por el uso de flavonoides. En cuanto a excreción diferencial tomando muestras semanales, se observó, que al tercer muestreo hubo un pico de *E. parva*, que permaneció hasta el octavo muestreo, pero sólo para los corderos suplementados; *E. ovina* tuvo picos en el quinto y en el octavo muestreo. A pesar de una tendencia ascendente, *E. crandallis* y *E. ovinoidalis* no superaron el 10% del total de las especies de *Eimeria*. No hubo diferencias en la ganancia de peso corporal, pero sí un aumento en la excreción de ooquistes de *Eimeria ovina*, *E. ovinoidalis* y *E. crandallis* en el octavo muestreo. En un segundo experimento cuando se adicionaron 5000 ooquistes de *E. ovinoidalis*, hubo un 30% más de eliminación de ooquistes en los animales suplementados con respecto al grupo control, y junto con *E. crandallis* constituyeron más de la cuarta parte del total de los ooquistes de *Eimeria* presentes en ambos grupos. En todos los dos experimentos hubo reducción de eliminación de ooquistes alrededor del 50%.

La interacción entre el parásito y el hospedero orienta el desarrollo de la infección clínica de coccidiosis y es afectada por muchos factores que incluyen la nutrición. En el caso de los minerales, el contenido de zinc en el organismo afecta significativamente el peso

corporal de los individuos (Bellof *et al.* 2007). El zinc actúa como activador de más de 200 enzimas y es por eso que su eficiencia produce un impacto negativo de carácter sistémico a nivel del animal (Evans y Halliwell. 2001). Concentraciones insuficientes deprimen la actividad de las células T y afectan la respuesta inmune de manera directa o indirecta (Tasci *et al.* 1995). Igualmente, bajas concentraciones de zinc a nivel sanguíneo son reportadas en infecciones parasitarias (Tasci *et al.* 1995) en la medida que los parásitos utilizan Zinc en sus procesos metabólicos y bioquímicos (Scott y Koski. 2000). En un estudio realizado en cabras donde se monitoreo los efectos de formas individuales de zinc sobre el número de ooquistes de *Eimeria*, el análisis de los signos clínicos de la enfermedad y las ganancias de peso indican que las formas orgánicas de Zinc (formas de Zinc quelatado) administrada las hembras y a sus crías decrecen el número o quistes e incrementan la ganancia de peso corporal de los cabritos (Strnadová *et al.* 2010).

### **1.4.2. Funciones del Zinc**

Este oligoelemento se asocia con vías metabólicas y de señalización en el organismo, dentro de las cuales podemos incluir: la mitosis, el metabolismo de ácidos nucleicos (Moran *et al.* 1985), pero también la espermatogénesis, síntesis de proteínas con una importancia relevante en la producción de anticuerpos (Shankar y Prasad. 1998). La deficiencia de Zinc produce disminución selectiva en el consumo de alimento, con predilección por alimentos ricos en proteína (Underwood y Suttle. 1999).

El zinc forma parte de enzimas como la Anhidrasa carbónica, la Fosfatasa alcalina, las Carboxipeptidasas A y B, la Alcohol deshidrogenasa, Colagenasa, Leucina aminopeptidasa, Manosidasa y Superóxido dismutasa (Underwood y Suttle. 1999). El zinc estimula la secreción de timulina, Interleucina 2 (IL-2), IFN- $\gamma$ , regula la actividad de proteínas implicadas en el proceso de síntesis y unión a ADN, como timidilato quinasa y NF- $\kappa\beta$ . Shankar *et al.* (2000) reporta que el receptor para IL-2 (IL-2R) está disminuido en linfocitos deficientes en Zinc, pero también se observa una actividad menor de NF- $\kappa\beta$ , IL-2 que es el disparador de la entrada a la fase S del ciclo celular y posterior mitosis en los linfocitos T.

Los efectos a corto plazo del Zinc como un factor antioxidante incluyen la protección de los grupos sulfhidrilo de las proteínas, y también una reducción en la formación de radicales oxhidrilos, en los que hay un incremento temporal en la concentración de Zinc (Powell.

---

2000); además, el Zinc también está involucrado en la protección de los fosfolípidos de las células de la pared intestinal (Rodríguez *et al.* 1996).

Los efectos de largo plazo del Zinc están relacionados con un estímulo en la síntesis de Metalotioneínas. Estas proteínas tienen una gran capacidad como antioxidantes y se ha propuesto que son un puente entre el contenido celular de Zinc y el estado redox de la célula (Powell. 2000). Algunas teorías han sido propuestas para explicar el papel protector del Zinc en los puentes disulfuro a saber: unión directa al grupo sulfhidrilo, unión a una proteína cercana al grupo sulfhidrilo, o unión a la misma proteína en un sitio cerca al grupo sulfhidrilo, que termina en un cambio conformacional de la misma proteína. Esta protección es parcial, ya que no todos los grupos sulfhidrilo pueden protegerse de la oxidación (Powell. 2000).

### **1.4.3. Distribución y concentraciones de Zinc en los tejidos**

El Zinc se transporta a los demás tejidos por la sangre. Una vez se absorbe llega por vía portal unido a la albúmina plasmática y si bien esta unión es débil, la albúmina transporta más o menos 66% del Zinc plasmático. En la sangre, el Zinc se encuentra como  $\alpha_2$  macroglobulina (Underwood y Suttle. 1999). Una vez llega al hígado, el Zinc induce la síntesis de metalotioneínas (Underwood y Suttle. 1999) y a pesar de que, aproximadamente entre 25-30% de los residuos de aminoácidos son de cisteína y no presenta aminoácidos aromáticos, tiene capacidad antioxidante significativa (Powell. 2000).

Underwood y Sommers. (1969) reportan una mayor concentración de Zinc en los fluidos seminales del macho, por sustancias bactericidas que utilizan al Zinc como cofactor. Por otro lado, Miller *et al.* (1965) afirman que, hay un incremento en la cantidad de Zinc en la leche a medida que aumenta la cantidad de Zinc suplementado. Rodríguez *et al.* (1996), encontraron que animales con dietas adecuadas en Zinc, pero fueron deficientes en proteínas, también fueron capaces de incrementar niveles séricos de Zinc.

La cantidad de Zinc presente en el organismo afecta varios agentes patógenos y son muchos los efectores inmunológicos involucrados cuando hay deficiencia de Zinc. Por ejemplo, las células de la piel, y los epitelios de los tractos: pulmonar y gastrointestinal no se forman adecuadamente ante la deficiencia del mineral. También se afectan mediadores propios del sistema inmunológico, como son: el complemento y las células PMN, NK,



---

(Shankar y Prasad. 1998). El Zinc se distribuye durante la respuesta de fase aguda a los linfocitos y el hígado, lo cual priva de este mineral a agentes patógenos. Concentraciones microbiostáticas de Zinc son alcanzadas mediante la producción por células polimorfonucleares (PMN) de una proteína llamada calprotectina, que se une al Zinc (Shankar y Prasad. 1998). Se ha observado que la expresión y la actividad biológica de la Timulina son dependientes de Zinc y es necesario para la regeneración de linfocitos CD4+ (Prasad. 2000).

Un número disminuido de linfocitos T y B tanto en sangre periférica como en tejido esplénico es común en deficiencias de Zinc. Se sugiere que la deficiencia de Zinc afecta las respuestas mitogénicas de estas células, presentando una depleción de linfocitos T y B y aunque la funcionalidad de las células sobrevivientes se encuentra relativamente intacta, presentan defectos estructurales y metabólicos (Shankar y Prasad. 1998). Este hecho explica por qué hay un aumento en la susceptibilidad a las infecciones cuando hay deficiencia de Zinc.

Kitabashi *et al.* (2010) reportan que el Zinc es fundamental para la maduración de los linfocitos T CD8+ y CD4+, éstos últimos son muy importante en el correcto funcionamiento de la respuesta Th1, responsable de la inmunidad protectora en contra de los parásitos. Las citoquinas y los receptores tipo Toll (TLR) afectan el perfil de los transportadores de Zinc y la suplementación con Zinc disminuye la activación de linfocitos Th17, que forman parte de un paso intermedio entre la inmunidad innata y la adaptativa y de la inflamación crónica (Kitabashi *et al.* 2010, Serrano Hernandez. 2009).

En el caso de la mucosa gastrointestinal, Shankar *et al.* (2000) muestra que hay una disminución en la severidad y duración de la diarrea, cuando hay suplementación con Zinc. En el caso de los humanos, Bhutta *et al.* (2000) reportan que los efectos de una diarrea severa son bajo peso corporal para la talla y la inmunidad celular disminuida. Además, en los niños que recibieron suplementación con zinc hubo disminución en el período de diarrea y un 42% de disminución en la probabilidad de muerte o falla del tratamiento antidiarreico.

Moran *et al.* (1985) reportan que cuando hay deficiencia de Zinc, la histología del 90% de las células de la mucosa permanece intacta, en el otro 10% hay dilatación de las mitocondrias y del retículo endoplásmico con alteraciones en el transporte de sodio y agua

---

y con un incremento en las pérdidas de nitrógeno, incluyendo aminoácidos. Lo anterior produce una absorción deficiente de moléculas, iones y agua, lo que tienen como consecuencia una diarrea crónica. Al respecto, Rodríguez *et al.* (1996) muestran que pequeñas alteraciones en el status de minerales producen grandes cambios en la permeabilidad eléctrica y flujo de sodio. En este estudio realizado en condiciones *in vitro* se encuentra que el Zinc suministrado en altas dosis mantiene una permeabilidad intestinal normal bajo condiciones de malnutrición y que el Zinc puede prevenir la pérdida de la función de barrera.

#### **1.4.4. La Deficiencia de Zinc**

Una deficiencia de Zinc puede ser causada por bajas cantidades de Zinc en la dieta, altas cantidades de ácido fítico, enfermedades genéticas que limitan la absorción de Zinc y la enfermedad gastrointestinal (Skrovanek *et al.* 2014, Underwood y Suttle. 1999, Shankar y Prasad. 1998). Miller *et al.* (1965) reportaron en terneros, que además de la inapetencia, hay una conversión alimenticia deficiente, reducción en fosfatasa alcalina sérica y reducción en el contenido de hemoglobina, lo cual condujo a la muerte de varios animales. Se ha demostrado que cuando hay deficiencia de Zinc hay un aumento en la susceptibilidad al estrés oxidativo y cuando estas deficiencias se analizan a nivel del útero se han observado alteraciones tanto en la inmunidad humoral y celular, como una disminución en la tasa de crecimiento (Shankar y Prasad. 1998). Deficiencias de zinc por un período de tiempo mayor a un año se reducciones en el tamaño del timo de forma permanente (Shankar y Prasad. 1998).

Debido al papel antioxidante del Zinc, los individuos con deficiencia presentan un aumento en la producción de radicales libres; las cuales en varios estudios conducen a un aumento en el daño hiperóxico pulmonar, en la formación de malondialdehído en las microsomas de los hepatocitos, aumento en la peroxidación lipídica en microsomas y mitocondrias y aumento en la sensibilidad a la peroxidación de lipoproteínas mediada por cobre, entre otros (Powell *et al.* 2000).

Shankar *et al.* (2000) encontró en humanos deficientes en Zinc una disminución de actividad Th1, de timulina, reclutamiento de linfocitos T inocentes y actividad NK, además de la relación CD4 / CD8, lo cual es debido al papel del Zinc en la regeneración de linfocitos CD4 y en la maduración de linfocitos T CD8+ CD73+, precursores como se indicó

---

previamente, de los linfocitos T citotóxicos. El desbalance entre respuestas Th1 y Th2 significa que se afecta principalmente la inmunidad de tipo celular que es la inmunidad protectora contra las coccidias.

#### **1.4.5.El uso del Zinc Quelatado**

La quelación hace referencia al producto formado entre un ion metal (mineral) y un ligante (proteína o aminoácido) y se denominan minerales orgánicos a aquellos que se unen a macromoléculas tales como: aminoácidos, carbohidratos o proteínas. Sin embargo, no todo mineral unido a una molécula orgánica puede ser definido como quelato y para ser clasificado como tal, el agente quelante debe tener mínimo dos grupos funcionales (hidroxil, carboxil, amino), los cuales le permiten donar electrones y poder combinarse con el mineral por medio de enlaces covalentes coordinados en dos partes diferentes de la misma molécula. Este tipo de quelato comparte las propiedades de los metales y los aminoácidos. Un mineral quelatado correctamente presenta altos coeficientes de absorción y tiende a ser absorbido en el intestino, como si fuera un dipéptido o un tripéptido (Simões Cortinhas. 2009).

El papel biológico de los minerales trazas es importante por su estabilidad en el rumen y el tracto digestivo. La disponibilidad biológica del zinc de una gran variedad de recursos orgánicos ha sido evaluada en numerosos estudios in vivo (Spears 1996); sin embargo, una limitada cantidad de investigaciones se han realizado en ovinos con Zinc-metionina, que se produce por quelación del zinc ionizado a partir de una sal soluble de zinc con aminoácidos o particularmente con proteínas hidrolizadas con recursos inorgánicos de zinc (AAFCO. 2000). El Zinc-metionina ha demostrado mejorar el comportamiento y las características de la canal de ganado de carne e incrementa las concentraciones en plasma, hígado y riñón de terneros suplementados con altas concentraciones de zinc (5000 mg / kg de materia seca). Se ha sugerido que el zinc ligado a compuestos orgánicos es más disponible comparado con las fuentes inorgánicas, como óxido y sulfato de zinc (Ma *et al.* 2020; Spears. 1989; Wedekind *et al.* 1992). Lo anterior, ha promovido el uso de formas orgánicas por la industria de alimentos para animales, con un obstáculo importante que es la variabilidad de sus valores de biodisponibilidad, que es señalado en algunos estudios que no presenta ninguna ventaja sobre las formas inorgánicas (Szuba-Trznadel *et al.* 2021).

---

La absorción es esencialmente idéntica para formas inorgánicas y formas quelatadas de Zinc (alrededor del 40%), pero la forma quelatada presentó una mayor retención (Hassan *et al.* 2011). Los minerales quelatados tienen un mayor costo por unidad del producto. La absorción del zinc también es reducida ante un exceso o deficiencia de proteína en la dieta (Vrzgula *et al.* 1990), porque gran parte del Zinc plasmático se encuentra unido a albúmina y  $\alpha$ 2—macroglobulina (Underwood y Suttle. 1999, Squitti *et al.* 2020). De otra parte, un exceso de proteínas como la caseína tienen un efecto inhibitorio sobre la absorción de Zinc (García-Nebot. 2009, Maares. y Haase. 2020).

La digestibilidad de zinc metionina en materia seca, materia orgánica y valores nutricionales de nutrientes digestibles totales fue mayor en ovejas alimentadas con 15 mg de zinc metionina comparada con altas concentraciones de sulfato de zinc (Hassan *et al.* 2011). El resultado sugiere una relación con antagonistas que forman complejos insolubles cuando se suministra la fuente inorgánica. Adicionalmente, el zinc proveniente del quelato facilita a través del ligante, la toma del zinc por parte del duodeno (Hassan *et al.* 2011). En general, la solubilidad es crítica para la absorción de minerales trazas, de tal forma que, para maximizar la toma del mineral, los quelatos forman complejos que serían más estables en el rumen y el tracto digestivo de los mamíferos rumiantes.

En general, los quelatos son estables, complejos eléctricamente neutrales, que protegen los minerales traza de las reacciones químicas que suceden durante la digestión y que hacen que el mineral no sea disponible para el animal. Es importante señalar que las formas de minerales inorgánicos (óxidos o sulfatos) son liberados e ionizados a los bajos pH's en el estómago con formas eléctricamente cargadas que le permiten reaccionar con otros productos de la digestión. La formación de complejos insolubles, especialmente en el intestino delgado tiene una alta probabilidad de producirse cuando el bicarbonato pancreático hace que este segmento tienda hacia la neutralidad. En el caso de los minerales quelatados, éstos alcanzan el plasma de una forma intacta y se separan en el sitio de acción. En este sentido, los parámetros de fluido ruminal se afectaron por la suplementación de zinc metionina (15 y 25 mg) vs sulfato de zinc (25 mg) cuando se evaluó la producción total de ácidos grasos volátiles, el volumen ruminal, la tasa de flujo y la síntesis microbiana de nitrógeno, variables que fueron mayores cuando se suplementaba el mineral en forma quelatada. No se observaron diferencias entre los niveles del quelato suplementado (Hassan *et al.* 2011). Es importante observar que la síntesis de proteínas microbianas a nivel ruminal depende de una adecuada cantidad y tipo de carbohidratos

---

que sirve como fuente de energía para su síntesis (Bach *et al.* 2005). Los iones metálicos pueden ser absorbidos como parte del complejo metal: péptido, facilitando la absorción del zinc vía transporte intestinal a partir del zinc inorgánico (Szuba-Trznadel *et al.* 2021).

Garg *et al.* (2008), encontraron que, en el caso especial de Zinc metionina en corderos es transportado intacto desde la luz intestinal hasta los enterocitos, y de esta forma se incrementa el suplemento tisular y en consecuencia la productividad del animal. Al respecto, Mallaki *et al.* (2014) encontraron ganancias de peso corporal más altas cuando se suplementaba Zinc con péptidos en comparación con, el Sulfato de Zinc

## 1.5. Efectos del Zinc sobre el crecimiento

Los parásitos pueden afectar directamente el crecimiento de los animales. Abdul Rashed. (2016) observaron una disminución en el perímetro torácico cuando se compararon con un grupo control en aves infectadas con *E. tenella*, *E. acervulina* y *E. máxima*. En ovinos adultos, Gauly *et al.* (2004), demostraron una correlación negativa entre la ganancia de peso corporal y los conteos de OPG, mientras que, en infecciones crónicas, Diaferia *et al.* (2013) demostraron una disminución en el crecimiento y la ganancia de peso corporal. Los estudios sugieren que el Zinc tiene efectos sobre el crecimiento a través de los factores de crecimiento como el IGF, al igual que la interleucina 2 y su receptor, pero hay que señalar que a través de la hormona timulina el Zinc también tiene un efecto directo estimulador, sobre la hormona del crecimiento

A nivel celular, el zinc tiene un papel inmunomodulador y desinflamatorio que indirectamente pueden afectar la ganancia de peso corporal. En este sentido, se esperaría que al regresar a un estado homeocinético, como consecuencia de la aceleración del recambio celular y la desinflamación, entre otros, mediante subregulación mediada por A20 de NF- $\kappa$ B y el consiguiente aumento en el apetito y la toma de nutrientes (Kambe *et al.* 2015, Rathnayake *et al.* 2016). En consecuencia, ante una perturbación de origen parasitario, la suplementación de zinc puede activar la resiliencia del animal y ante las pérdidas de peso corporal realizar procesos de crecimiento compensatorio.

## 1.6. Bibliografía

- 1 AAFCO. 2000. Official publication. Association of American Feed Control Official. Atlanta.
- 2 Abdul Rasheed, M. S. (2016). Assessment of level protection against Coccidiosis in Broiler Breeders Conferred by a Live Anticoccidial Vaccine, and tis influence on Early Growth and Development. (Master Thesis) Theses and Dissertations, pp. 654.
- 3 Abo-Shehada, M. N., y Abo-Farieha, H. A. (2003). Prevalence of *Eimeria* species among goats in northern Jordan. *Small Ruminant Research*, 49, 109-113.
- 4 Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Farmer, M.A., Andersen, R.A., Anderson, O.R., Barta, J, R., Bowser S. S., Brugerolle, G., Fensome, R.A., Fredericq, S., James, T.Y., Karpov, S., Kugrens, P., Krug, J, M., Lane, C.E., Lewis, L.A., Lodge, J., Lynn, D.H., Mann, D.G., Mccourt, R.M., Mendoza, L., Ojvind Moestrup, Mozley Standridge, S.E., Nerad, T.A., Shearer, C.A., Smirnov, A.V., Spiegel, F.W., Taylor, M. F. J. R. (2005). The new higher level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. *Journal of Eukariotic Microbiology*, 52(5), p399-451.
- 5 Al-Saadoon, Z. M., y Al-Rubaie, H. M. A. (2018). Traditional and molecular study for prevalence of Coccidiosis in sheep in Waist-Iraq. *Indian Journal of Natural Science*, 8 (49), 14394-14441.
- 6 Albayati, H. H., Jarad, N. I., Al-Difaie, R. S., y Ola, H. K. (2020). Microscopic and molecular diagnosis of *Eimeria* spp. In sheep as an investigation. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*. 23(14), SP231405. I: Doi: <http://doi.org/10.36295/ASRO.2020.231405>.
- 7 Alcalá-Canto, Y., Gutiérrez-Olvera, L., Gutiérrez-Olvera, C., Sumano López, H. (2011). Effects of clinoptilolite on *Eimeria* spp., infection in sheep. *Small ruminant Research*. 100(2-3): 184-188. Doi: [doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.05.014](http://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.05.014).
- 8 Alcalá-Canto, Y., Figueroa-Castillo, J. A., Ibarra-Valverde, F., Vera-Montenegro, Y., Cervantes-Valencia, M. E., Alberti-Navarro, A. (2020). First database of the spatial distribution of *Eimeria* species of cattle, sheep and goats in Mexico. *Protozoology*. 119, 1057-1074. Doi: <https://doi-org.ezproxy.unal.edu.co/10.1007/s00436-019-06548-8>.
- 9 Aleksandersen, M., Lie, K-I., Gjerde, B., y Landsverk T. (2002). Lymphocyte depletion in Ileal Peyer's Patch Follicles in lambs infected with *Eimeria ovinoidalis*. *Clinical and diagnostic Laboratory Immunology*, 9(1), 83-91.

- 
- 10 Ammar SI, Watson AM, Craig LE, Cope ER, Schaefer JJ, Mulliniks JT, Gerhold RW. (2019). *Eimeria gilruthi*-associated abomasitis in a group of ewes. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(1), 128-132. Doi:10.1177/10406387/8884109.
  - 11 Avendaño Rodríguez, V. A., y Navarro Ortiz, C. A. Alimentación de ovinos en regiones del trópico en Colombia (2020) *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 11, 2, 71-107. Doi: 10.22579/22484817.47.
  - 12 Bach, A., Calsamiglia, S., y Stern, M. D. (2005). Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88 Suppl 1, E9–E21. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7).
  - 13 Bakunzi, F. R., Thwane, S. N., Motsei, L. E., y Dzoma, B. M. (2010). Diversity and seasonal occurrence of *Eimeria* species in a mixed flock of communally reared sheep and goats in Mafikeng in the North West Province, South Africa. *Journal of the South African Veterinary Association*, 81(3), 148–150. Doi: [Doi:/10.4102/jsava.v81i3.137](https://doi.org/10.4102/jsava.v81i3.137).
  - 14 Ball, S. J., y Pittilo, R. M. (1988). Ultrastructural observations of microgametogenesis in *Eimeria bakuensis* (Syn. *E. ovina*) of sheep. *Parasitology Research*, 74(5), 431–435. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00535142>.
  - 15 Bayer animal health care (BAHC). 2010. Biocox 5% Toltrazuril. Technical information International Edition. 16: 27-32.
  - 16 Bellof, G., Most, E., y Pallauf, J. (2007). Concentration of copper, iron, manganese and zinc in muscle, fat and bone tissue of lambs of the breed German Merino Landsheep in the course of the growing period and different feeding intensities. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 91(3-4), 100–108. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2006.00648.x>.
  - 17 Berriatua, E., Green, L. E., y Morgan, K. L. (1994). A descriptive epidemiological study of coccidiosis in early lambing housed flocks. *Veterinary parasitology*, 54(4), 337–351. Doi: [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90001-9).
  - 18 Berriatua, E., Gibson, W. C., y Morgan, K. L. (1995). Development of DNA probes for the ovine *Eimeria* species *E. crandallis* and *E. ovinoidalis*. *Parasitology research*, 81(3), 222–229. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00937113>.
  - 19 Bhutta, Z. A., Bird, S. M., Black, R. E., Brown, K. H., Gardner, J. M., Hidayat, A., Khatun, F., Martorell, R., Ninh, N. X., Penny, M. E., Rosado, J. L., Roy, S. K., Ruel, M., Sazawal, S., y Shankar, A. (2000). Therapeutic effects of oral zinc in acute and persistent diarrhea in children in developing countries: pooled analysis of randomized controlled trials. *The*

- 
- American journal of clinical nutrition*, 72(6), 1516–1522. Doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.6.1516>.
- 20 Burrell, A., Tomley, F., Vaughn, S., y Marugan—Hernandez, V. (2020). Life cycle stages, specific organelles and invasion mechanisms of *Eimeria* species. *Parasitology*, 147 (3), 263-278. Doi: 10.1017/S0031182019001562.
- 21 Carneiro, P. G., Sasse, J. P., Silva, A. C. D. S., Seixas, M.D., Paschoal, A. T. P., Minutti, A. F., Martins, T. A., Cardim, S. T., de Souza Rodrigues, F., de Barros, L. D. García, J. L. 2022. Prevalence and risk factors of *Eimeria* spp., natural infection in sheep from northeastern Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 31.
- 22 Chapman, H. D., Jeffers, T. K., y Williams, R. B. (2010). Forty years of monensin for the control of coccidiosis in poultry. *Poultry Science*, 89, 1788-1801. Doi: 10.3382/ps.2010-00931. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.10.022.
- 23 Chapman, H. D., Lewis, J. A., y Searle, R. M. (1973). The effect of naturally acquired infections of coccidia in lambs. *Research in veterinary science*, 14(3), 369–375.
- 24 Chartier, C., y Paraud, C. (2012). Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Ruminant Research*, 103, 84-92. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.10.022>.
- 25 De Andrade, A. L., Jr, da Silva, P. C., de Aguiar, E. M., & Santos, F. G. (2012). Use of coccidiostat in mineral salt and study on ovine eimeriosis. *Revista brasileira de Parasitologia Veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 21(1), 16–21. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1984-29612012000100004>.
- 26 De Macedo, L. O., Bezerra-Santos, M. A., Marinho de Silva, NM., do Rego Barros, G. M. M., Alves L. C., y Giannelli, A, Nascimento Ramos RA, Aparecida de Carvalho G. (2019). Morphological and epidemiological data on *Eimeria* species infecting small ruminants in Brazil, *Small Ruminant Research*, 171: 37-41. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.12.006>.
- 27 De Macedo, L. O., Bezerra-Santos, M. A., de Mendonça, C. L., Alves, L. C., Ramos, R., y de Carvalho, G. A. (2020). Prevalence and risk factors associated with infection by *Eimeria* spp. in goats and sheep in Northeastern Brazil. *Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 44(3), 607–612. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01235-3>.
- 28 De Souza Rodrigues, F., Skrebsky Cezar, A., Rezer de Menezes, F., Luis Sangioni, L. A., Flores Vogel, F.- S., y de Avila Botton, S. (2020). Effect of toltrazuril at single dose



- against *Eimeria* spp. in lambs kept at pasture in condition favorable to coccidiosis. *Small Ruminant Research*, 192, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106211>.
- 29 Diaferia, M., Veronesi, F., Morganti, G., Nisoli, L., y Piergili Fioretti. (2013). Efficacy of toltrazuril 5 % suspension (Baycox, Bayer) and Diclazuril (Vecoxan, Janssen-Cilag) in the control of *Eimeria* spp. In lambs. *Parasitology Research*, 112, S163-S168. Doi: 10.1007/s00436-013-3440-1
- 30 Dos Santos Oliveira, L. L., Vieira e Silva, F., Dos Santos Lima, W., Farias Batista, L., De Oliveira Catro, A. L., y Ribeiro Rocha, V. J. (2019). Effect of climatic conditions on the occurrence of sheep endoparasites. *Acta Veterinaria Brasilica*, 13(1), 37-42. <https://doi.org/10.21708/avb.2019.13.1.8281>.
- 31 Duszynski, D.W. (2021). Biodiversity of the Coccidia (Apicomplexa: Conoidasida) in vertebrates: what we know, what we do not know, and what needs to be done. *Folia Parasitologica* 68:001. Doi: 10.14411/fp.2021.001.
- 32 Duszynsky, D.W., Upton, S. J. y Couch, L. (2008). Taxonomic summary of genera within Eimeriidae. Consultado 14 abril 2020. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20100621215214/http://biology.unm.edu/biology/coccidia/genera.html>.
- 33 Duszynski, D. W., y Wilber, P. G. (1997). A guideline for the preparation of species descriptions in the Eimeriidae. *The Journal of Parasitology*, 83(2), 333–336.
- 34 El-Alfy, E-S., Abbas, I., Al-Kappany, Y., Al-Araby, M., Abu-Elwafa, A., y Dubey, J. P. (2020). Prevalence of *Eimeria* species in sheep (*Ovis aries*) from Dakahlia governorate. Egypt. *Journal of Parasitic Diseases*, 44, 55-573. Doi: <https://doi.org.ezproxy.unal.edu.co/10.1007/s12639-020-01229-1>.
- 35 Ensuncho-Hoyos, C., Castellano-Coronado, A., Meza-Angulo, L., Bustamente-Yáñez, M., y Vergara-Garay, O. (2014). Prevalence and level of gastrointestinal nematode infection in sheep of hair in grazing in four municipalities of Cordoba, Colombia. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*. 24(5), 414-420.
- 36 Evans, P., y Halliwell, B. (2001). Micronutrients: oxidant/antioxidant status. *The British journal of nutrition*, 85 Suppl 2, S67–S74.
- 37 Foreyt W. J. (1990). Coccidiosis and cryptosporidiosis in sheep and goats. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 6(3), 655–670. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30838-0](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30838-0).

- 
- 38 García-Nebot, M. J., Barberá, R., y Alegría, A. (2013). Iron and zinc bioavailability in Caco-2 cells: influence of caseino phosphopeptides. *Food Chemistry*, 138, 1298-1303. Doi: 10.1016/j.foodchem.2012.10.113.
- 39 Garg, A. K., Mudgal, V., y Dass, R. S. (2008). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 144, 82-96. Doi: 10.1016/j.amofeedsco.2007.10.003.
- 40 Gauly, M., Krauthahn, C., Bauer, C., y Erhardt, G. (2001). Pattern of *Eimeria* oocyst output and repeatability in naturally infected suckling Rhön lambs. *Journal of veterinary medicine. B, Infectious diseases and veterinary public health*, 48(9), 665–673. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2001.00493.x>.
- 41 Gauly, M., Reeg, J., Bauer, C., y Erhardt, G. (2004). Influence of production systems on the *Eimeria* oocyst output and weight gain. *Small Ruminant Research*, 55: 159-167.
- 42 Gilbert, W., Bellet, C., Blake, D. P., Tomley, F. M., y Rushton, J. (2020). Revisiting the Economic Impacts of *Eimeria* and Its Control in European Intensive Broiler Systems with a Recursive Modeling Approach. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, artículo 558182. Doi: 10.3389/fvets.2020.558182.
- 43 Gómez-Bautista, M., Luzón-Peña, M., Santiago-Moreno, J., de Bulnes, A. G., y Meana, A. (1996). Coccidial infection in mouflon, *Ovis musimon*, in central Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 32(1), 125–129. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-32.1.125>
- 44 Han, H. Y., Zhu, S. H., Jiang, L. L., Li, Y., Dong, H., Zhao, Q. P., Kong, C. L., & Huang, B. (2013). Molecular characterization and analysis of a novel calcium-dependent protein kinase from *Eimeria tenella*. *Parasitology*, 140(6), 746–755. <https://doi.org/10.1017/S0031182012002107>.
- 45 Harper, C. K., y Penzhorn, B. L. (1998). Seasonal occurrence of coccidia in a mixed herd of sheep and goats at Nebo, northern province, South Africa. *Journal of the South African Veterinary Association*, 69(3), 93–94. Doi: <https://doi.org/10.4102/jsava.v69i3.824>
- 46 Hashemnia, M., Khodakaram-Tafti, A., Razavi, S. M., & Nazifi, S. (2011). Changing patterns of acute phase proteins and inflammatory mediators in experimental caprine coccidiosis. *The Korean Journal of Parasitology*, 49(3), 213–219. Doi: <https://doi.org/10.3347/kjp.2011.49.3.213>
- 47 Hassan, A. A., El-Ashry, G. M., y Soliman, S. M. 2011. Effect of Supplementation of Chelated Zinc on Milk Production in Ewes. *Food and Nutrition Science*, 2: 706-713.

- 
- 48 Haug, A., Thebo, P., y Mattsson, J. G. (2007). A simplified protocol for molecular identification of *Eimeria* species in field samples. *Veterinary Parasitology*. May 15;146(1-2):35-45. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.12.015. Epub 2007 Mar 26. PMID: 17386979.
- 49 Hidalgo-Argüello MR, Cordero del Campillo M. 2001. Coccidiosis. En Cordero del Campillo M. 2001 Parasitología Veterinaria. Ed McGraw Hill. pp. 201-208.
- 50 Idris, A., Moors, E., Sohnrey, B., y Gauly, M. (2012). Gastrointestinal nematode infections in German sheep. *Parasitology Research*, 110(4), 1453-1459. doi: 10.1007/s00436-011-2648-1. Epub 2011 Oct 7. PMID: 21979784; PMCID: PMC3305884.
- 51 Jawasreh, K. I., Mukbel, R. M., Qader, A. A., y Mayras M. A. (2013). Coccidiosis in Awassi, Romanov, Charollais and Suffolk sheep breeds during the winter and summer seasons in Jordan. *International Journal of Applied Science and Technology*. 3(6), 10-15.
- 52 Kafsack, B. F., y Carruthers, V. B. (2010). Apicomplexan perforin-like proteins. *Communicative & Integrative Biology*, 3(1), 18–23. <https://doi.org/10.4161/cib.3.1.9794>
- 53 Kambe, T., Tsuji, T., Hashimoto, A., y Itsumura, N. (2015). The Physiological, biochemical, and molecular roles of zinc transporters in zinc homeostasis and metabolism. *Physiological Research*, 95, 749-784. Doi: doi:10.1152/physrev.00035.2104.
- 54 Karlsson, L. J., y Greeff, J. C. (2012). Genetic aspects of sheep parasitic diseases. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 104-12. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.03.039. Epub 2012 Mar 28. PMID: 22525587.
- 55 Kaya, G. (2002). Prevalence of *Eimeria* species in Lambs in Antakya Province. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 28: 687-692.
- 56 Keeton, S., y Navarre, C. B. (2018). Coccidiosis in Large and Small Ruminants. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 34(1), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.009>.
- 57 Kelley, G. L., y Hammond, D. M. (1972). Fine structural aspects of early development of *Eimeria ninakohlyakimovae* in cultured cells. *Zeitschrift fur Parasitenkunde (Berlin, Germany)*, 38(4), 271–284. <https://doi.org/10.1007/BF00329274>.
- 58 Khan, T., Iqbal R. Z., Sajid, M. S., Ahmad, M., Riaz, M. (2011). Prevalence and Associated Risk Factors of *Eimeria* in Sheep of Punjab, Pakistan. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 79, 43-447.

- 
- 59 Khodakaram-Tafti A, Hashemnia, M. (2017). An overview of intestinal coccidiosis in sheep and goats. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 168(1-3), 9-20.
- 60 Kitabashi, C., Fukada, T., Kanamoto, M., Ohashi, W., Hojyo, S., Atsumi, T., Ueda, N., Azuma, I., Hirota, H., Murakami, M., Hirano, T. (2017). Zinc suppresses Th17 development via inhibition of STAT3 activation. *International Immunology* 22(5): 375-386. Doi: 10.1093/intimm/dxq017.
- 61 Lang, M., Kann, M. M., Zahner, H., Taubert, A. y Hermosilla, C. (2009). Inhibition of host cell apoptosis by *Eimeria bovis* sporozoites. *Veterinary Parasitology*, 160, 25-33. Doi: 10.1016/j.vetpar.2008.10.100.
- 62 Levine, N. D. 1973. Protozoan Parasites of Domestic Animals and of Man, Second edition. Burgess Publishing Company, Minnesota, pp. 156-181.
- 63 Levine, N. D., Corliss, J. O., Cox, F. E., Deroux, G., Grain, J., Honigberg, B.M., Leedale, G. F., Loeblich, A. R. 3rd, Lom, J., Lynn, D, Merinfeld EG, Page, F. C, Poljansky, G., Sprague, V., Vavra, J., y Wallace, F. G. (1980). A Newly Revised Classification of the Protozoa. *Journal of Protozoology*, 27(1), 37-58.
- 64 López-Osorio, S., Chaparro-Gutiérrez, J. J., y Gómez-Osorio, L.M. (2020). Overview of Poultry *Eimeria* Life Cycle and Host-Parasite Interactions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. Doi: DOI=10.3389/fvets.2020.00384.
- 65 Ma, F.T., Wo, Y, Q, L., Q. Shan, Q., Wei. J. Y., Zhao, S. G., y Sun, P. (2020). Zinc methionine acts as an anti-diarrheal agent by protecting the intestinal epithelial barrier in postnatal Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*, 270, artículo 114686 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114686>.
- 66 Maares, M., y Haase, H. (2016). Zinc and immunity: An essential interrelation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 611, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2016.03.022>.
- 67 Mallaki, M., Norouzian, M. A., y Khadem, A. A. (2015). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization, and plasma zinc status in lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1), 75-80. Doi: 10.3906/vet-140579.
- 68 Maratea, K. A., y Miller, M. A. (2007). Abomasal coccidiosis associated with proliferative abomasitis in a sheep. *Journal of veterinary diagnostic investigation: official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 19(1), 118–121 Doi: <https://doi.org/10.1177/104063870701900>.
- 69 Martorelli Di Genova, B., & Knoll, L. J. (2020). Comparisons of the Sexual Cycles for the Coccidian Parasites *Eimeria* and *Toxoplasma*. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 10, 604897 Doi: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.604897>.

- 
- 70 Martins, N. S., Motta, S. P., Santos, C. C., Moreira, A. S., Tainá, E., Farias, N., A., da R., Lopes, J. (2022). Ovine *Eimeria* infections in southern Brazil prevalence and risk factors / Infecções por *Eimeria* em ovinos do sul do Brasil – prevalência e fatores de risco. *Semina ciências. Agrárias* 43(1): 229-240.
- 71 Mason, P. (1977). Naturally acquired Coccidia infection in lambs in Otago. *New Zealand Veterinary Journal*, 25(1-2), 30–33. Doi: <https://doi.org/10.1080/00480169.1977.34345>.
- 72 McKenna, P. B. (1972). The identity and prevalence of coccidia species in sheep and cattle in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 20(12), 225-228.
- 73 Meradi, S., y Bentounsi, B. (2021). Lamb's *Eimeria* infections raised in a steppic region and their impacts on clinical indicators (FAMACHA<sup>®</sup> and Disco). *Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 45(3), 599–605. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01336-z>.
- 74 Miller, J.K., y Cragle, R.G. (1965). Gastrointestinal sites of absorption and endogenous secretion of zinc in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 48(3), 370-373.
- 75 Miranda, K., de Souza, W., Plattner, H., Hentschel, J., Kawazoe, U., Fang, J., & Moreno, S. N. (2008). Acidocalcisomes in Apicomplexan parasites. *Experimental Parasitology*, 118(1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2007.07.009>.
- 76 Mohamaden, W. I., Sallam N. H., Abouelhassan, E. M. (2018). Prevalence of *Eimeria* species among sheep and goats in Suez Governorate, Egypt. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 6(1), 65-72. Doi: 10.1016/j.ijvsm.2018.02.004.
- 77 More, B. V., Nikam, S. V., Deshmukh, N. Z., Bhamare, S. N., Jaid, E. L. (2011). Percentage Prevalence of *Eimerian* Species Composition of Sheep and Goats from Beed District, Maharashtra. *Recent Search in Science and Technology*, 3(8), 24-26.
- 78 Moran, J. R., y Lewis, J. C. (1985). The effects of severe zinc deficiency on intestinal permeability: an ultrastructural study. *Pediatric Research*, 19(9), 968–973. <https://doi.org/10.1203/00006450-198509000-00020>.
- 79 Mundt, H. C., Dittmar, K., Dauschies, A., Grzonka, E., & Bangoura, B. (2009). Study of the comparative efficacy of toltrazuril and diclazuril against ovine coccidiosis in housed lambs. *Parasitology research*, 105 Suppl 1, S141–S150. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1505-y>.
- 80 Noack, S., Chapman, H. D., y Selzer, P. M. (2019). Anticoccidial drugs of the livestock industry. *Parasitology Research*, 118(7), 2009–2026. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06343-5>.

- 
- 81 Nunn, C. L., Thrall, P. H., Leendertz, F. H., & Boesch, C. (2011). The spread of fecally transmitted parasites in socially-structured populations. *PloS one*, 6(6), e21677. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021677>.
- 82 Nuvor, S. V., Agyei, A. D., & Assoku, R. K. (1998). Oocyst counts in crossbred ewes under tree-crop plantation in the forest zone of Ghana. *Tropical Animal Health and Production*, 30(5), 279–285. Doi: <https://doi.org/10.1023/a:1005030601728>.
- 83 Olmos, L.H., L. H., Colque Caro, L. A., Avellaneda-Cáceres, A., Medina, D. M., Sandoval, V., Aguirre, D. H., y, Micheloud J. F., J. F. (2020.). First record of clinical coccidiosis (*Eimeria ovinoideal*) in adult sheep from northwestern Argentina. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 21, 100429. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100429>.
- 84 Peek, H. W., & Landman, W. J. (2003). Resistance to anticoccidial drugs of Dutch avian *Eimeria* spp. field isolates originating from 1996, 1999 and 2001. *Avian pathology: journal of the W.V.P.A*, 32(4), 391–401. Doi: <https://doi.org/10.1080/0307945031000121149>.
- 85 Pinheiro, R. R., Alves, F. S. F., Andrioli, A. (2002). Importância do diagnóstico precoce de doenças em pequenos ruminantes. Ministerio da Agricultura y da Abastecimiento.
- 86 Pinilla León, J. C., Uribe Delgado, N., Flórez, A. A. (2019). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle and sheep in three municipalities in the colombian northeastern mountain. *Veterinary World*, 12 (1),48-54. Doi: 10/14202/Vetworld.2019.48-54.
- 87 Platzer, B., Prosl, H., Cieslicki, M., & Joachim, A. (2005). Epidemiology of *Eimeria* infections in an Austrian milking sheep flock and control with diclazuril. *Veterinary Parasitology*, 129(1-2), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.11.031>.
- 88 Pout, D. D. (1973). Coccidiosis of lambs. I. Observations on the Naturally Acquired infection. *British Journal of Veterinary*, 129(6), 555-567.
- 89 Pout D. D. (1976). Coccidiosis of sheep: a review. *The Veterinary Record*, 98(17), 340–341. Doi: <https://doi.org/10.1136/vr.98.17.340>.
- 90 Powell S. R. (2000). The antioxidant properties of zinc. *The Journal of nutrition*, 130(5S Suppl), 1447S–54S. Doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1447S>.
- 91 Prasad A. S. (2000). Effects of zinc deficiency on Th1 and Th2 cytokine shifts. *The Journal of infectious diseases*, 182 Suppl 1, S62–S68. Doi: <https://doi.org/10.1086/315916>.



- 
- 92 Pulido-Medellin, M. D., Chavarro-Tulcán, G. I. y Díaz-Amaya, A. M. (2020). Prevalence and risk factors of gastorintestinal parasites in sheep from Ubaté, Cundinamarca, Colombia. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*. 42, e098819. Doi: 10.29374/2777-2179.bjvm098819.
- 93 Radostits, O. M., Gay, C. C., Blood D. C., y Hinchcliff, K. W. (2002). *Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino*, 9 a ed, Saunders.
- 94 Rathnayake, K. M., Silva, K., y Jayawardena, R. (2016). Effects of zinc supplementation on obesity: study protocol for a randomized controlled clinical trial. *Trials*, 17(1), 534. doi: 10.1186/s13063-016-1651-3. PMID: 27814737; PMCID: PMC5097376.
- 95 Reeg KL, Gauly M, Bauer C, Mertens C, Erhardt G, Zahner H. 2005. Coccidial Infection in housed lambs: oocyst excretion, antibody levels and the genetic influence on the infection. *Veterinary Parasitology*, 127: 209-219. Doi: [10.1016/j.vetpar.2004.10.018](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.10.018)
- 96 Rodriguez, P., Darmon, N., Chappuis, P., Candalh, C., Blaton, M. A., Bouchaud, C., y Heyman, M. (1996). Intestinal paracellular permeability during malnutrition in guinea pigs: effect of high dietary zinc. *Gut*, 39(3), 416–422. Doi: <https://doi.org/10.1136/gut.39.3.416>.
- 97 Rose, M. E., Hesketh, P., & Wakelin, D. (1994). Immunization against experimental coccidiosis produces contrasting results in inbred mice of differing susceptibility to infection. *Infection and Immunity*, 62(2), 733–737. Doi: <https://doi.org/10.1128/iai.62.2.733-737.1994>.
- 98 Saleh Baberi, N.A., Karini, I., Nourani, H., Azizi, Alajive, H., Razami, G. (2021). Parasitological and pathological findings coccidiosis in an experimental infection caused by *E. ahsata* in lambs. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology. Iranian Journal of Veterinary Parasitology*. 2021.13(2): 20-28. Doi: [10.22067/IJVST.2021.71247.1057](https://doi.org/10.22067/IJVST.2021.71247.1057).
- 99 Saratsis, A., Joachim, A., Alexandros, S., & Sotiraki, S. (2011). Lamb coccidiosis dynamics in different dairy production systems. *Veterinary parasitology*, 181(2-4), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.04.027>.
- 100 Saratsis, A., Regos, I., Tzanidakis, N., Voutzourakis, N., Stefanakis, A., Treuter, D., Joachim, A., Sotiraki, S. (2012). In vivo and in vitro efficacy of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) against *Eimeria* spp., in lambs. *Veterinary Parasitology* 188(1-2):1-9. Doi: 10.1016/j.vetpar.2012.03.014.

- 
- 101 Saratsis, A., Karagiannis, I., Brozos, C., Kiossis, E., Tzanidakis, N., Joachim, A., Sotiraki, S. (2013). *Veterinary Parasitology*, 196(1-2): 56-63. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.01.020>.
- 102 Schnitzler, B. E., Thebo, P. L., Tomley, F. M., Uggla, A., y Shirley, M. W. (1999). PCR identification of chicken *Eimeria*: a simplified read-out. *Avian Pathology, Journal of the W.V.P.A*, 28(1), 89–93. Doi: <https://doi.org/10.1080/03079459995091>.
- 103 Scott, M. E., y Koski, K. G. (2000). Zinc deficiency impairs immune responses against parasitic nematode infections at intestinal and systemic sites. *The Journal of Nutrition*, 130 (5S Suppl), 1412S–20S. Doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1412>.
- 104 Serrano Hernandez, A. (2009). Células Colaboradoras (Th1, Th2, Th17) y reguladoras (Treg, TH3, NKT) en la artritis reumatoide. *Reumatologia Clínica*, 5(S1): 1-5. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2008.11.012>.
- 105 Sevillano, G., Tapia, W., Loyola, A., Reyna-Bello, A., & Proaño-Pérez, F. (2019). Molecular characterization of *Eimeria* sp. from Galápagos giant tortoises (*Chelonoidis* spp.). *Parasitology research*, 118(12), 3443–3447. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06507-3>.
- 106 Shankar, A. H., Genton, B., Baisor, M., Paino, J., Tamja, S., Adiguma, T., Wu, L., Rare, L., Bannon, D., Tielsch, J. M., West, K. P., Jr, y Alpers, M. P. (2000). The influence of zinc supplementation on morbidity due to *Plasmodium falciparum*: a randomized trial in preschool children in Papua New Guinea. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 62(6), 663–669. Doi: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2000.62.663>.
- 107 Shankar, A. H., y Prasad, A. S. (1998). Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. *The American journal of clinical nutrition*, 68(2 Suppl), 447S–463S. Doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/68.2.447S>.
- 108 Silva, R. M., Facury-Filho, E. J., Souza, M. F., & Ribeiro, M. F. (2011). Natural infection by *Eimeria* spp. in a cohort of lambs raised extensively in Northeast Brazil. *Revista brasileira de parasitologia veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 20(2), 134–139. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1984-29612011000200008>.
- 109 Simões Cortinhas C. (2009). Fornecimento de Zinco, Cobre e Selênio Orgânicos para vacas leiteiras e efeitos sobre a qualidade do leite e saúde da glândula mamaria. Universidade de São Paulo. Tesis de grado. 89p.



- 
- 110 Skirnisson, K. (2007). *Eimeria* spp. (Coccidia, Protozoa) infections in a flock of sheep in Iceland: Species composition and seasonal abundance. *Icelandic Agricultural Science*, 20: 73-80.
- 111 Skirnisson, K., y Hanson, H. (2006). Causes of diarrhea in lambs during autumn and early winter in an Icelandic flock of sheep. *Icelandic Agricultural Science*, 19, 43-57.
- 112 Skrovanek, S., DiGuilio, K., Bailey, R., Hurtington, W., Urbas, R., Mayilvaganan. B., Giancarlo, M., y Mullin, J. M. (2014.) Zinc and gastrointestinal disease. *World's Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*, 15(4), 496-513.
- 113 Spears J. W. (1989). Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. *Journal of Animal Science*, 67(3), 835–843. <https://doi.org/10.2527/jas1989.673835x>.
- 114 Squitti, R., Pal, A., Picozza, M., Avan, A., Ventriglia, M., Rongioletti, M. C., y Hoogenraad, T. (2020). Zinc Therapy in Early Alzheimer's Disease: Safety and Potential Therapeutic Efficacy. *Biomolecules*, 10(8), 1164. Doi: <https://doi.org/10.3390/biom10081164>.
- 115 Striepen, B., Jordan, C. N., Reiff, S. y van Dooren, G. G. (2007). Building the Perfect Parasite: Cell division in Apicomplexa. *Plos Pathogens*, 3 (6), e78. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0030078>.
- 116 Strnadová, P., Svobodová, V., Pavlata, L., Misurová, L., y Dvorak, R. (2011). Effect of inorganic and organic Zinc supplementation on coccidial infection in goat kids. *Acta Veterinaria Brno*, 80,131-137; doi:10.2754/avb201180020131Tasçi, S., Sengil, A. Z., Altindis, M., y Arisoy, K. (1995).
- 117 Szuba-Trznadel, A.; Rż ęasa, A.; Hikawczuk, T.; Fuchs, B. Effect of Zinc Source and Level on Growth Performance and Zinc Status of Weaned Piglets. *Animals* 2021, 11, 2030. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani110720>.
- 118 Tasci, S., Sengil, A. Z., Altindis, M., Arisoy, K. (1995). The effect of Zinc supplementation in experimentally induced *Toxoplasma gondii* infection. *Journal of Egyptian Society of Parasitology*. 25(3): 745-751.
- 119 Taylor, M. A. (1995). Diagnosis control coccidiosis in sheep. *In Practice*, 17, 172-177.
- 120 Taylor, M. A., Marshall, R. N., Marshall, J. A., Catchpole, J., y Bartram, D. (2011). Dose-response effects of diclazuril against pathogenic species of ovine coccidia and the development of protective immunity. *Veterinary Parasitology*, 178(1-2), 48–57. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.12.024>.

- 
- 121 Taylor, S. M., O'Hagan, J., McCracken, A., McFerran, J. B., Purcel, D. A. (1973). Diarrhoea in intensively-reared lambs. *Veterinary Records*, 93,461-464
- 122 Taylor, M. A., Catchpole, J., Marshall, J., Marshall, R. N., & Hoeben, D. (2003). Histopathological observations on the activity of diclazuril (Vecoxan) against the endogenous stages of *Eimeria crandallis* in sheep. *Veterinary Parasitology*, 116(4), 305–314. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(03\)00256-5](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(03)00256-5).
- 123 Taylor, M. A., Marshall, R. N., Marshall, J. A., Catchpole, J., & Bartram, D. (2011). Dose-response effects of diclazuril against pathogenic species of ovine coccidia and the development of protective immunity. *Veterinary Parasitology*, 178(1-2), 48–57. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.12.024>.
- 124 Toulah, F. (2007). Prevalence and comparative morphological study of four *Eimeria* sp. in Sheep in Jeddah area, Saudi Arabia. *Journal of Biological Science*, 7(2),13-416. Doi: 10.3923/jbs.2007.413.416.
- 125 Thamsborg, S. M., Roepstorff, A., y Larsen, M. (1999). Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Veterinary Parasitology*, 84(3-4), 169–186. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(99\)00035-7](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(99)00035-7).
- 126 Trejo-Huitron, G., Bautista-Gómez, L. G., Martínez-Castañeda, J. S., Romero-Núñez, C., Trejo-Castro, L., y Espinosa-Ayala, E. (2020). Morphological characterization and first molecular identification of the eleven *Eimeria* species that infect sheep from Mexico. *Parasitology Research*, 119, 115-122. <https://doi.org/10.1007/s00436->.
- 127 Tyzzer, E. E., Theiler, H., y Jones, E. E. (1932). Coccidiosis in gallinaceous birds II. A comparative study of species of *Eimeria* of the chicken. *The American Journal of Hygiene*. (1932); *American Journal of Epidemiology*, 15 (2), 319–393. Doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a117823>.
- 128 Underwood, E. J., y Suttle, N. F. (1999). In "The Mineral Nutrition of Livestock" (3rd ed.), Midlothian, UK.
- 129 Underwood, E. J., y Somers, M. (1969). Studies of zinc nutrition in sheep. 1. The relation of zinc to growth, testicular development and spermatogenesis in young rams. *Australian Journal of Agricultural Research*, 20, 889–897.
- 130 Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L, Jennings, F. W. (1998). Protozoologia veterinaria. En: Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., Jennings, F. W. Parasitologia Veterinaria. Ed Acribia S.A.

- 
- 131 Valdez, E. 2006. Estudio observacional de las parasitosis gastrointestinales en ovinos y caprinos del Municipio de Tiquicheo, Michoacán. Tesis de pregrado. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
- 132 Valenzuela, G., Quintana, I., y González, E. 1988. Epidemiología de coccidias (Protozoa: Eimeriidae) en ovinos en sistemas de silvopastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 20(1), 51-56.
- 133 Vargas Duarte, J. J. (2016). *Epidemiology and control of gastrointestinal parasite infections in wool sheep adapted to tropical andes high altitude conditions*. Tesis de doctorado no publicada. University of Namur Faculty of Sciences.
- 134 Vasilková, Z., Krupicer, I., Légath, J., Kovalkovičová, N., y Pet'ko, B. (2004.) Coccidiosis in Small Ruminants in various regions of Slovakia. *Acta Parasitologica*, 49(4), 272-275.
- 135 Vercruyse J, Charlier J, Dorny P, Claerebout E. Diagnosis of helminth infections in cattle: Were we wrong in the past. 2006. WORLD BUIATRICS CONGRESS – NICE. FRANCE.
- 136 Vrzgula L, Alijev A.A., Barej W, Bartko P, Bouda J, Dvorák R, Garbaranski P. 1990. Disorders of Substance Metabolism of Farm Animals and Prevention Thereof (in Slovak), 2nd Edition, Bratislava, Príroda, p. 503.
- 137 Wang, C. R., Xiao, J. Y., Chen, A. H., Chen, J., Wang, Y., Gao, J. F., & Zhu, X. Q. (2010). Prevalence of coccidial infection in sheep and goats in northeastern China. *Veterinary Parasitology*, 174(3-4), 213–217. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.08.026>.
- 138 Wedekind, K. J., Hortin, A. E., & Baker, D. H. (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *Journal of Animal Science*. 70(1), 178–187. Doi: <https://doi.org/10.2527/1992.701178x>.
- 139 Wilber, P.G., Duszynski, D.W., Upton, S.J., Seville, R.S., Corliss, J.O. (1998). A revision of the taxonomy and nomenclature of the *Eimeria* spp. (Apicompleta: Eimeriidae) from rodents in the Tribe Marmotini (Sciuridae). *Systematic Parasitology*, 39, 135-135. Doi: doi.org/10.1023/A:1005914010087.
- 140 Yakhchali, M., y Golami, E. (2008). Eimeria infection (Coccidia: Eimeriidae) in sheep of different age groups in Sanandaj city, Iran. *Veterinarski Arhives*, 78.
- 141 Yakhchali, M., Zarei, M. R. (2008). Prevalence of *Eimeria* infection in sheep of Tabriz suburb, Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 9(3),277-280.

- 142 Yang, R., Brice, B., Ryan, U., & Bennett, M. D. (2013). *Eimeria tiliquae* n. sp. (Apicomplexa: Eimeriidae) from the shingleback skink (*Tiliqua rugosa rugosa*). *Experimental Parasitology*, 133(2), 144–149. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2012.11.012>.
- 143 Yang, R., Jacobson, C., Gardner, G., Carmichael, I., Campbell, A. J., y Ryan, U. (2014). Longitudinal prevalence, oocyst shedding and molecular characterisation of *Eimeria* species in sheep across four states in Australia. *Experimental Parasitology*, 145, 14–21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2014.06.018>.

---

## 2. Capítulo 2. Identificación de las especies de *Eimeria* en ovinos del Centro Agropecuario Marengo

### 2.1. Introducción

En Colombia, los sistemas de producción ovina se han caracterizado por una falta de tecnificación, no obstante, en los últimos años han aparecido explotaciones más tecnificadas que las tradicionales (Vargas. 2016; Moreno y Grajales. 2017). Esto ha permitido una intensificación gradual de la producción animal, que ha hecho que las ovejas sean confinadas bajo condiciones de una alta densidad poblacional, como resultado del descubrimiento de nuevos recursos forrajeros, la disponibilidad de fertilizantes y de minerales traza, que han contribuido a mejorar deficiencias nutricionales específicas y a incrementar la producción de lana y carne (Muñoz *et al.* 2019; Le Bodo *et al.* 2020; Plummer *et al.* 2021).

La coccidiosis ovina es una enfermedad parasitaria que afecta el tracto gastrointestinal de los animales, se puede manifestar con diarrea, algunas veces profusa; pero la infección también puede ser subclínica (Lopes *et al.* 2013). Aunque la infección afecta a todos los grupos etarios, los corderos son los más afectados, pueden tener una tasa de mortalidad del 10 %, pero las manifestaciones clínicas son muy frecuentes (Barreto Souza *et al.* 2015; Khodakaram-Tafti y Hashemnia. 2017; Martin *et al.* 2010; Martins *et al.* 2020; Meradi y Bentounsi. 2021; Pellerdy. 1974; Skirnisson. 2007; Wang *et al.* 2010; Yang *et al.* 2014). Como consecuencia, la coccidiosis tiene un impacto en la disminución de la productividad con implicaciones económicas. Además de la edad a prevalencia de las especies de *Eimeria* varía con la ubicación geográfica, hacinamiento, tipo de explotación, edad al destete y factores ambientales como el clima y la estación, otro hallazgo común son las coinfecciones con diferentes especies del parásito. (Le Bodo *et al.* 2020; Martins *et al.* 2020; Meradi y Bentounsi. 2021; Olmos *et al.* 2020)

Aunque se han reportado entre 17 y 19 especies infectando a ovinos, pero solo se han reconocido 11 por la comunidad científica (Tabla 2-1) y siete que no se sabe aún si son o no específicas de ovinos (tabla 2-2).

**Tabla 2-1.** Especies reconocidas por la comunidad científica propias de los ovinos.

No.	Especie	Referencia
1.	<i>E. ashata</i>	Maingi y Munyua. 1994; Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021
2	<i>E. crandallis</i>	Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021
3	<i>E. faurei</i>	Maingi y Munyua. 1994; Duszynski <i>et al.</i> 1997; Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018;
4	<i>E. granulosa</i>	Duszynski <i>et al.</i> , 1997; Maingi y Munyua. 1994; Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018;
5	<i>E. intricata</i>	Maingi y Munyua. 1994, Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021
6	<i>E. marsica</i>	Chartier y Paraud. 2012; Norton y Catchpole. 1976
6	<i>E. ovina syn E. bakuensis</i>	Duszynski <i>et al.</i> 1997; Maingi y Munyua. 1994; Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021;
7	<i>E. ovinoidalis</i>	Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021
8	<i>E. punctata</i>	Arslan <i>et al.</i> 1999
9	<i>E. pallida</i>	Maingi y Munyua. 1994; Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021
10	<i>E. parva</i>	Maingi y Munyua. 1994; Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021
11	<i>E. weybridgensis</i>	Skirnisson. 2007; Carrau <i>et al.</i> 2018; Meradi y Bentounsi. 2021

**Tabla 2-2.** Especies que no han sido reconocidas por la comunidad científica

No	Especie	Referencia
1	<i>E. arloingi</i>	Khodakarami-Tafti <i>et al.</i> 2013
2	<i>E. ballooni</i>	Maingi y Munyua. 1994
3	<i>E. beedatus</i>	Maingi y Munyua. 1994
4	<i>E. dalli</i>	Clark y Colwell. 1974; Kodhakarm-Tafti y Hashemnia. 2017; Clark y Carrau <i>et al.</i> 2018
5	<i>E. gilruthi</i>	Kaya <i>et al.</i> 2004
6	<i>E. gonzalezi</i>	Hashemnia <i>et al.</i> 2014

En Colombia, existen algunos trabajos sobre la prevalencia a nivel de género de *Eimeria* spp: pero no se identificaron a nivel de las especies. (Díaz-Anaya *et al.* 2017; Pinilla-León *et al.* 2019; Pulido-Medellin *et al.* 2020; Vargas. 2016). En consecuencia, el conocimiento sobre las especies de *Eimeria* presentes y/o predominantes en un sistema de producción y la susceptibilidad de las razas a la infección con las diferentes especies de *Eimeria*, es esencial para el análisis de la importancia de la enfermedad en un sistema de producción, la implementación de medidas de prevención y control de la infección / enfermedad en el rebaño y, así minimizar las pérdidas económicas.

---

El objetivo de este capítulo fue identificar por morfología y morfometría las especies de *Eimeria* presentes en las muestras de materia fecal de los corderos del Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Extensión Ovino (CIDTEO) que fueron destetados en marzo de 2013.

## **2.2. Materiales y métodos**

### **2.2.1. Área de estudio.**

El estudio se realizó en los meses de marzo y abril de 2013 en el Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Extensión Ovino (CIDTEO), del Centro Agropecuario Marengo (CAM), ubicado en la microrregión de Altiplanicies y Laderas Frías de Colombia, y en la subregión de la Sabana de Occidente; a 4°40'50.4"N 74°13'00.1"W, con una altitud media de 2544 m.s.n.m., en el municipio de Mosquera (Cundinamarca) La precipitación media anual de 970 mm y temperatura promedio de 13 °C. Por otra parte, los datos climatológicos se tomaron desde febrero hasta mayo de 2013, se obtuvieron desde la página del CAM (<https://ogabogota.unal.edu.co/predios/centro-agropecuario-marengo/>) El trabajo de la identificación de las especies se hizo en el período de lluvia.

El sistema de producción es semi intensivo - ciclo completo y los tratamientos terapéuticos se repiten durante una dinámica anual de producción. El muestreo se realizó en el período lluvioso, (Fig. 2-1). según lo reportado por la estación climática del Centro Agropecuario Marengo (CAM), con un promedio de 118 mm<sup>3</sup>, en época lluviosa la excreción de ooquistes es mayor (De Souza *et al.* 2015; Al-Neama *et al.* 2021) con el fin de obtener un mayor número de ooquistes para aumentar el valor predictivo positivo de la prueba, dicho en otras palabras, para tener una mayor probabilidad de encuentro e identificación de las diferentes especies.

**Figura 2-1:** Variables climatológicas de Marengo durante el experimento de identificación de las especies de *Eimeria* en CIDTEO



Nombre de la fuente: Página del CAM

### 2.2.2. Población

El rebaño de ovejas del CIDTEO estaba compuesto por hembras y machos de recría de las razas Criollo, Romney Marsh, Hampshire y Corriedale. Los animales eran mantenidos en sistemas de pastoreo rotacional en pasturas de *Cenchrus clandestinus* (kikuyo) y *Lolium perenne*, y una sal mineral ITALSAL®, además, se les suministraba una suplementación estratégica de un concentrado.

### 2.2.3. Criterios de inclusión y exclusión

Tipo de estudio: corte transversal descriptivo

Criterios de inclusión: Pertenecer al grupo etario de corderos lactantes destetados presentar infección por *Eimeria* spp y pertenecer al tercer cuartil del conteo de eliminación de ooquistes por gramo de heces (OPG), en cada una de las razas.

### 2.2.4. Población muestreada

La población muestreada estaba conformada por 29 corderos, de las cuatro razas presentes en el CIDTEO, distribuidos de la siguiente manera: 8 Criollos (19,5%), 7 Romney



Marsh (21,22%), 7 Hampshire (21,88%) y 7 Corriedale (30,83%), que se encontraban en el cuartil superior de excreción de OPG obtenidos según la fórmula de  $0.75(n+1)$ ; La población inicial está constituida por 129 corderos de las razas antes mencionadas.

### **2.2.5. Procesamiento de las muestras**

Las muestras se tomaron mediante el protocolo descrito por Al-Saadoon. (2018); Cringoli *et al.* (2004); Trejo-Huitrón *et al.* (2020), y Vargas. (2016); que se describe brevemente a continuación. Se obtenían aproximadamente 15 g de materia fecal con guante plástico mediante extracción rectal digital, el cual se sellaba para impedir el contacto con el aire y se almacenaba a 4°C. Para el procesamiento cada muestra se maceraba y centrifugaba de forma individual a 15000 rpm, se descartaba el sobrenadante y el pellet se guardaba en tubos eppendorf a 4°C para su posterior lectura, al pellet se le agregaba solución de McMaster hasta completar 15 mL, se tomaba 1 mL de solución, se leía en la cámara de McMaster, y el resultado se multiplicaba por 100 y se dividía por 2. La carga parasitaria se expresaba en términos de ooquistes / gramo de heces de las especies de *Eimeria spp.*

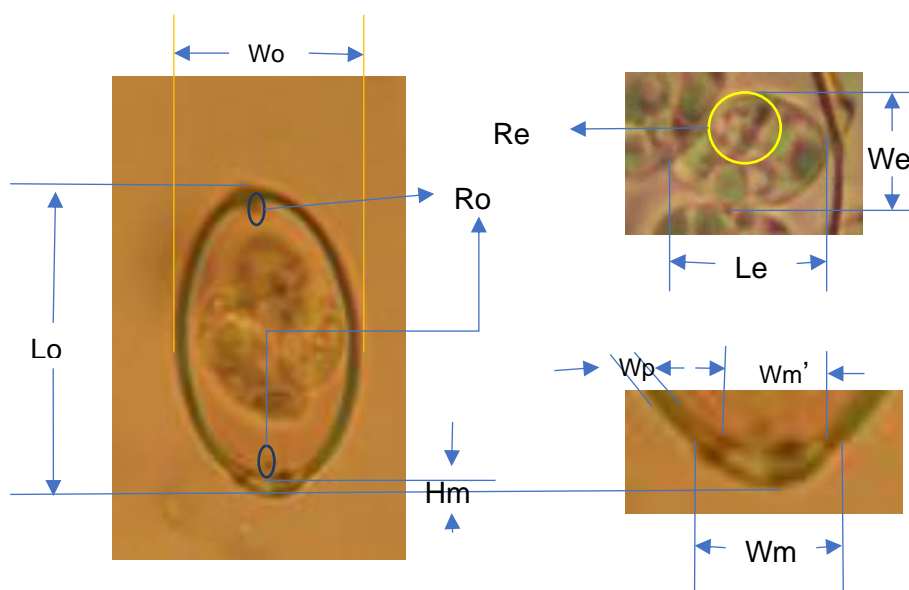
### **2.2.6. Análisis de las muestras e identificación de las especies de *Eimeria***

Para la identificación de las especies de *Eimeria* se tomó el cuartil superior del conteo de ooquistes de las 129 muestras de los corderos incluidos en el estudio, para lo cual se aplicó la fórmula de  $0.75(n+1)$ ; es decir, en este caso, se toma como umbral mínimo de lectura el dato que tiene por encima una cuarta parte de los conteos. Estas muestras se ponían a esporular en una solución de Dicromato de Potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) al 2,5%, en partes iguales de dicromato y materia fecal (De Andrade Jr *et al.* 2012) con agitación diaria para permitir la oxigenación y facilitar la esporulación (Martins *et al.* 2020) para poder observar las características diagnósticas de morfología y morfometría de los ooquistes esporulados, los esporoquistes y los esporozoítos. (Toulah 2007).

Después de 7 a 10 días, previa homogenización por agitación, se tomaban 0,30 mL, entre lámina y laminilla para hacer un montaje húmedo, y se observaban 100 ooquistes esporulados, para hacer el conteo diferencial y la identificación de las especies presentes en cada muestra, con base en las características morfológicas y morfométricas descritas por: De Andrade Jr *et al.* (2012); Bayer®. (2010); Duszynski y Wilber (1997); Trejo-Huitrón

*et al.* (2020), que se muestran en la tabla figura 2-2 y tabla 2-3. Las muestras se transportaron al laboratorio de Parasitología de la facultad de Medicina y se leyeron en un microscopio marca Nikon E200, adaptado con una reglilla micrométrica, los ooquistes se fotografiaron con una cámara Kodak C 613, en un aumento de 40X. Para el estudio se tuvo en cuenta solo una muestra, por ser este un estudio de corte transversal.

**Figura 2-2:** Descripción de la medición de las variables cuantitativas en las estructuras de cada ooquiste



**Tabla 2-3.** Símbolos de los parámetros usados en la identificación de las especies

SÍMBOLO	TÉRMINO	Unidad
Lo	Longitud de ooquiste	$\mu\text{m}$
Wo	Amplitud de ooquiste	$\mu\text{m}$
Ro	Residuo del ooquiste	Presencia/ausencia
Wp	Amplitud de pared del ooquiste	$\mu\text{m}$
Wm	Ancho del opérculo	$\mu\text{m}$
Wm'	Ancho de capa opercular	$\mu\text{m}$
Le	Longitud de esporoquiste	$\mu\text{m}$
Re	Residuo del esporoquiste	Presencia/ausencia
We	Ancho de esporoquiste	$\mu\text{m}$

### 2.2.7. Análisis estadístico de las muestras

En las muestras las variables que se analizaron fueron la excreción de cada especie de *Eimeria* en cada una de las razas. La evaluación estadística se llevó a cabo con el paquete SAS 9.2 a través de los procedimientos Univariate, Freq. El conteo de ooquistes se realizó mediante la transformación a logaritmo decimal (número de ooquistes+1) para corregir la

heterocedasticidad, y producir una distribución normal aproximada de los datos. Se calculó una frecuencia relativa dentro de cada cordero para cada especie, definida mediante la siguiente fórmula:

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Número\ de\ ooquistes\ de\ cada\ especie\ de\ Eimeria}{Total\ de\ ooquistes\ leídos\ en\ la\ muestra},$$

Y a partir de la cual se definió el índice de excreción de ooquistes, el cual es un promedio de las frecuencias relativas de los corderos de una raza, para cada especie:

$$Índice\ de\ excreción\ de\ ooquistes: \frac{Suma\ de\ las\ frecuencias\ relativas}{Número\ de\ corderos\ de\ la\ raza}$$

Para evaluar la significancia de la excreción de ooquistes con respecto a la susceptibilidad de alguna raza en particular, por alguna especie de *Eimeria* se hicieron pruebas de Kruskal Wallis y pruebas de Wilcoxon y análisis de poder (Cohen. 1988) mediante la librería *MultnonParamTest* de R 4.1.2

### 2.2.8. Aspectos éticos

El proyecto fue aprobado según acta 04 del 12 de junio de 2013, para dar cumplimiento a la legislación colombiana con respecto al manejo de animales de experimentación. En este caso los procedimientos eran mínimamente invasivos.

## 2.3. Resultados y discusión

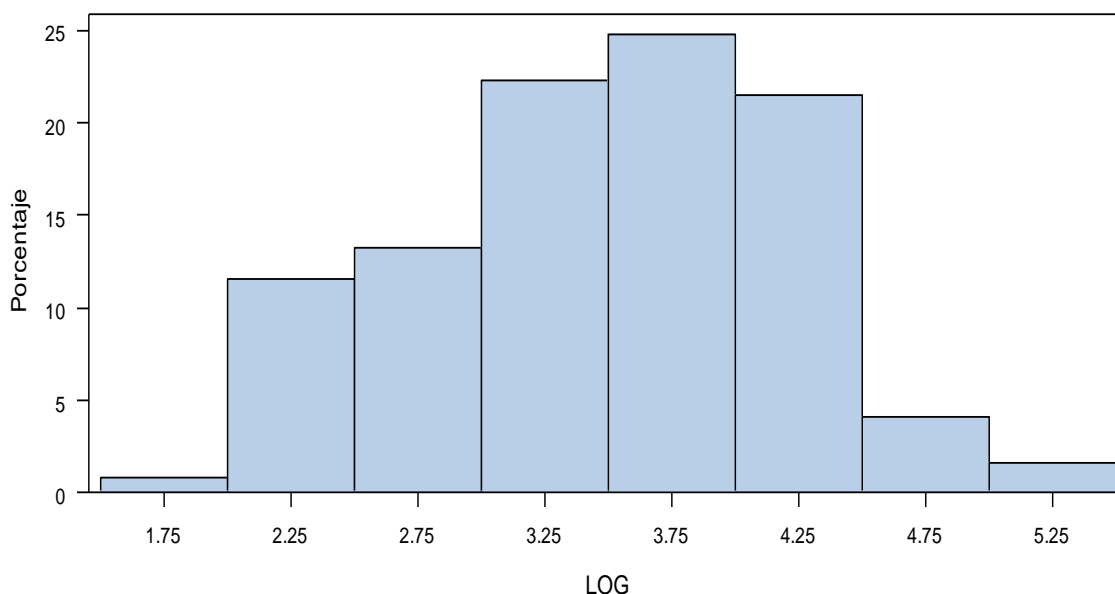
En los 129 corderos se encontró una prevalencia de 92,8 % y el rango de excreción fue de 0 – 180600 OPG/g. Al discriminar por razas, en la Criolla se encontró una prevalencia de 90,2% con un rango de 0 – 87000 OPG; para la raza Romney Marsh la prevalencia fue de 93,93%, rango de 0 – 54000 OPG; en la raza Hampshire la prevalencia fue 93,75% y el rango de la excreción de ooquistes fue de 0 -102000 OPG y en los corderos Corriedale la prevalencia fue de 95,75% y el rango entre 0 – 180600 OPG, con el mayor número de OPG de todo el rebaño

La infección por *Eimeria* spp., tiene una distribución mundial, sin embargo, las prevalencias informadas varían de 6,7 – 100 %, que se explica por factores como la sensibilidad de la técnica (Trejo-Huitron *et al.* 2020; Alowanou *et al.* 2021) factores climáticos (Skirnisson. 2007); prácticas de manejo, agricultura, tamaño de la granja, sistemas de producción, objetivos de cría, sistema de pastoreo (Martins *et al.* 2020). Las diferencias en las prevalencias varían aún en el mismo país, por ejemplo, en Australia las prevalencias

halladas fueron desde 18.1 – 80 %, y en Latinoamérica, en Brasil, se han informado prevalencias entre 17 – 100 % (El-Alfy *et al.* 2020).

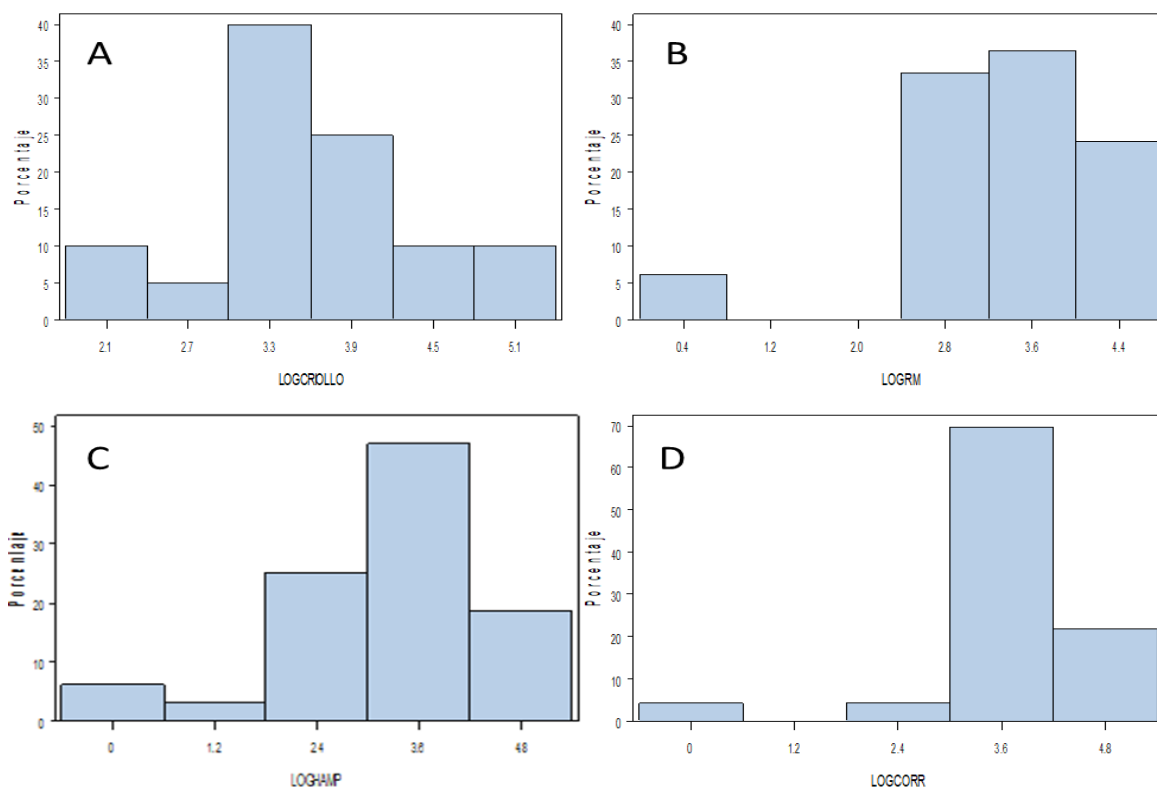
En las muestras de los 29 corderos analizados se encontraron 11 de las 12 especies reconocidas que infectan a los ovinos. Infecciones con una sola especie se observaron solo en dos corderos Hampshire y las infecciones mixtas se observaron en un rango entre 2 – 11 ó 12 este último dato si se tiene en cuenta a *E. gonzalezcastroi* (syn. *E. gonzalezi*). Sin embargo, no todos los animales excretaban las mismas especies (riqueza). Las especies más frecuentes fueron *E. ovinoidalis* con 57%, *E. pallida* con 56% y la menos frecuente fue *E. punctata* con (9,8%). En la figura 2-3 se ilustra la distribución de los conteos totales de ooquistes de *Eimeria* spp. sobresale el hecho que la curva tiene una curtosis moderada figura 2-3 la excreción más frecuente al tomar el total de los ooquistes, fue 5650 OPG.

**Figura 2-3:** Distribuciones de los conteos de los ooquistes de *Eimeria* (transformados al logaritmo + 1)



Como se observa en la figura 2-4, al discriminar por raza, los datos no distribuyen normal, y los valores más frecuentes fueron diferentes, es decir, dentro de las razas, la Hampshire mostró una distribución similar a la obtenida cuando se analizaron todos los corderos juntos

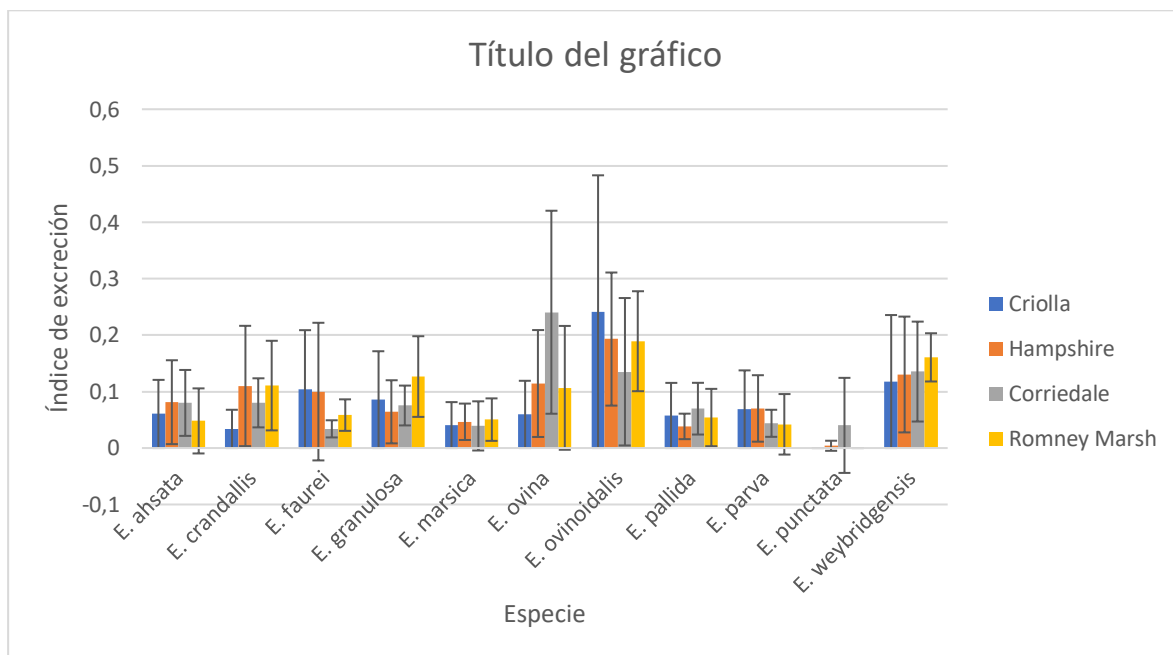
**Figura 2-4:** Distribuciones de los conteos de *Eimeria spp.* (logaritmo +1), de las razas A. Criolla, B. Romney Marsh C. Hampshire, D. Corriedale



En la población muestreada y con el uso de morfología y morfometría se encontraron las 11 especies avaladas y reportadas en ovinos a nivel mundial, (Anexo 1) varios estudios que tienen en cuenta otras especies han reportado entre 15 y 19 (Al-Neama *et al.* 2021; Carrau *et al.* 2018; Chartier y Paraud. 2012; Khodakaram-Tafti y Hashemina. 2017; Lopes *et al.* 2013; Mohamaden *et al.* 2018; Olmos *et al.* 2020; Trejo-Huitron *et al.* 2020). La diferencia en el número de especies válidas se da por diferentes razones. Por ejemplo, Carrau *et al.* (2018), unen a *E. pallida* y a *E. parva*, pero Chartier y Paraud. (2012), las toman como especies separadas, y en los últimos años De Souza. (2015) y Trejo-Huitrón *et al.* (2020), las consideran especies diferentes, por características morfológicas y morfométricas, especialmente por el diámetro menor del ooquiste, y esa diferencia es corroborada por técnicas de biología molecular, en años recientes se estableció a *E. bakuensis* como sinónimo de *E. ovina* y *E. arloingi* que se creía podía infectar a ovejas y a cabras, aún no se ha podido demostrar la infección. (Tabla 2-4).

*E. ovinoidalis* presentó el mayor número relativo acumulado de OPG, en contraste *E. crandallii*, mostró la menor abundancia de OPG obtenido en la raza criolla (Fig 2-5). En esta raza la más frecuente fue *E. ovinoidalis*; (Fig. 2-5). (Carrau *et al.* 2018; Trejo-Huitrón *et al.* 2020). La única diferencia significativa se obtuvo entre las razas Criolla y Hampshire para *E. crandallii* ( $P=0.03163$ ).

**Figura 2-5.** Excreción diferencial de ooquistes de *Eimeria* spp., según raza



Como se observa en la figura 2-5, hay algunas diferencias numéricas en el promedio del índice de excreción de ooquistes en cada una de las razas; sin embargo, al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se observó que estas diferencias no fueron significativas, al analizar si habría excreción diferente en cada raza, de 10 de las 11 especies halladas, tampoco se encontraron diferencias significativas (anexo 2).

Se observaron Infecciones mixtas en 85,2 %, de las muestras, en un rango entre 2 a 11 ó 12 especies que afectan a los ovinos reconocidas por la comunidad científica, la diferencia se da por la presencia de *E. gonzalezcastroi*. En la raza criolla, se encontró un máximo de cinco especies mientras que en 2 animales Hampshire, 1 Corriedale y 1 Romney Marsh, se identificaron 11 especies y en un cordero Corriedale se observaron 12 especies. si se acepta que *E. gonzalezcastroi* como parásito de los ovinos. Este encuentro es uno de los más altos (con mayor riqueza), hallazgos similares se han informado en varias latitudes (El-Alfy *et al.* 2020; Martins *et al.* 2020).

Ooquistes de *E. gonzalezcastroi* se encontraron en: tres individuos de Corriedale, dos Romney Marsh y criolla y uno Hampshire, esta especie también ha sido reportada de varias regiones: Egipto (El Alfy *et al.* 2020), Senegal (Vercruysse. 1982) Turquía (Kaya. 2002); Nueva Zelanda (Varghese y Yayabu. 1984/1985); y Perú (Bazalar y Guerrero. 1970). Todavía no se ha comprobado si parasita a los ovinos o es una infección espúrea, (transeúnte o coprozoica) esto es que el animal pudo haber ingerido los ooquistes, pero no invaden las células, partiendo del supuesto que las especies de *Eimeria* son específicas de hospedero y esta especie parasita a aves (Lizcano Herrera y Romero Rodríguez. 1972).

Las características de todas las estructuras de un ooquiste son muy importantes para la identificación de las especies (Pout *et al.* 1973). La diferencia de *E. gonzalezcastroi* cf. con *E. crandallis* es la disposición de los esporozoitos dentro del esporoquiste, porque en esta especie se encuentran cabeza con cabeza, mientras que, en *E. gonzalezcastroi* cf. se disponen cabeza con cola; y la diferencia con *E. weybridgensis* es la forma del ooquiste, porque en *E. gonzalezcastroi* cf. la parte donde se encuentra el opérculo es claramente truncada, lo que le da al ooquiste la forma de bala, Bazalar y Guerrero. (1970).

Por otro lado, algunos autores consideran que *E. arloingi* puede infectar a cabras y ovejas (Mohamaden *et al.* 2018), este encuentro tampoco ha sido validado por la comunidad científica. En estas especies es necesario establecer la capacidad de invasión de las células de los ovinos.

Debido a la gran similitud entre *E. crandallis* y *E. weybridgensis*, algunos autores reportan estas dos especies como un solo complejo (Gauly *et al.* 2001; Gauly *et al.* 2004; Platzer *et al.* 2005; Vargas. 2016), ya que se diferencian únicamente por la orientación de los esporozoitos dentro del esporoquiste. En este trabajo se pudieron diferenciar las dos especies, similar a Gauly *et al.* (2001), Gauly *et al.* (2004), y Platzer *et al.* (2005).

Cabe resaltar que *E. ovinoidalis* se encontró como la especie más frecuente tanto a nivel general como al discriminar por razas con excepción de Corriedale, en la que la más frecuente fue *E. crandallis* (figura 2-5), es de resaltar que las dos especies son las más patógenas, este encuentro está de acuerdo con lo informado por varios autores (Al-Neama *et al.* 2021; Carrau *et al.* 2018; Gauly *et al.* 2004; Martins *et al.* 2020; Skirnisson. 2007). Por otra parte, especies con relativamente baja patogenicidad como *E. granulosa* tuvieron frecuencias bajas, aunque es muy frecuente en otras latitudes (Arslan *et al.* 1999; Lopes

---

*et al.* 2013; Platzer *et al.* 2005; Rommel 2000). Algunos autores asocian la alta patogenicidad de *E. ovina* a la carga parasitaria que alcanza, las condiciones biogeográficas y a las condiciones inmunes del hospedero. aunque Catchpole y Gregory. (1985) en estudios de laboratorio informan que es de baja patogenicidad.

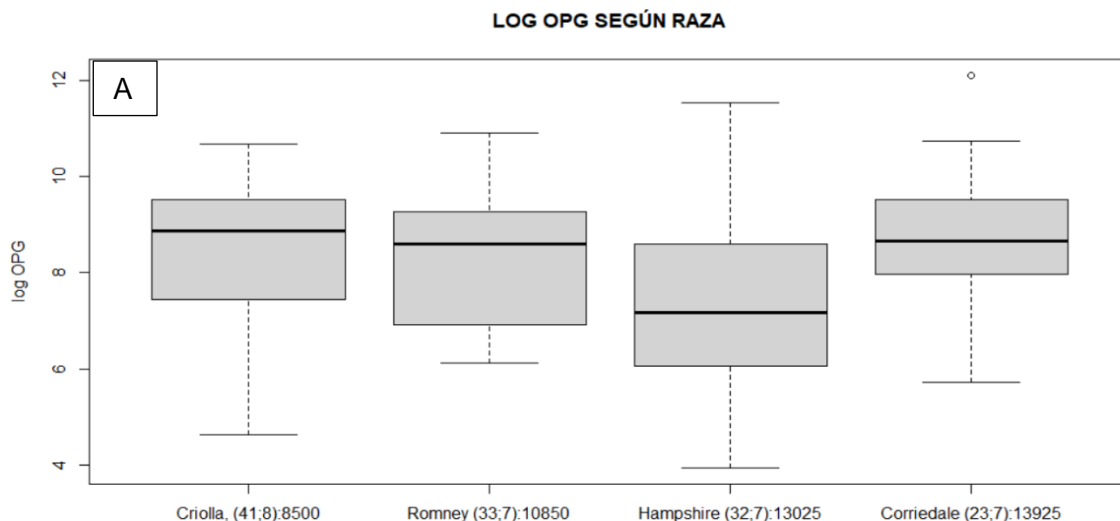
Recientemente, Yaman *et al.* (2021) encuentran que una sustitución de fenilalanina por leucina en el codón 3 del gen que codifica para *Toll like 4* confiere un riesgo mayor para la presencia de *Eimeria* spp. La condición de resistencia/susceptibilidad ha sido bien estudiada en pollos y conejos, sin embargo, en ovinos hay muy pocos estudios sobre el papel de la genética en la susceptibilidad a la infección.

Si se tiene en cuenta que en los animales de este estudio se encontraron las especies consideradas como las más patógenas: *E. ovinoidalis*, y *E. crandallis*, por su prolificidad, por presentar mayores números de esquizontes de primera generación (Mundt *et al.* 2009); son las especies cuya dosis infectante es la más baja reportada, por otro lado, si bien todas las especies se replican en la mucosa y submucosa del yeyuno (Saleh Barberi *et al.* 2021) estas pueden también replicarse en Intestino Grueso, lo que tiene como consecuencia una disminución de la absorción de agua y minerales Saleh Barberi *et al.* (2021), y Meradi y Bertounsi (2021), encontraron que la infección por *E. crandallis* y *E. ovinoidalis* puede desencadenar diarrea, y anemia.

Por tanto, es importante hacer un seguimiento a la dinámica poblacional de las especies y poder asociarlas con manifestaciones clínicas o subclínicas y con valores de desarrollo corporal. Al hacer una comparación entre la excreción de ooquistes por parejas de parásitos se encontró que *E. crandallis* y *E. ovinoidalis*, consideradas como las más patógenas, esta última por ser muy prolífica (Carrau *et al.* 2018; Chartier y Paraud 2012; Khodakaram-Tafti y Hashemnia 2017) los diferentes p-valores estuvieron en el rango entre 0,22 a 0,74) y, dentro de las cuatro razas, las Criolla y Hampshire exhibieron un comportamiento similar y las diferencias no fueron significativas. Al evaluar la excreción de ooquistes de las diferentes especies de *Eimeria* spp., con respecto a la raza, con las pruebas de Wilcoxon la única que mostró significancia estadística (P=0.03163) fue la excreción de *E. crandallis* para las razas Criolla y Hampshire.



**Figura 2-6:** A. Diagrama de cajas y bigotes del conteo de *Eimeria* spp., discriminando por las 4 razas, a. Criolla, b. Romney, c. Hampshire, d. Hampshire. B. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis



**Tabla 2-4.** Conteo de ooquistes de las especies de *Eimeria* spp., para las diferentes razas

**B** Kruskal-wallis rank sum test  
 data: log10Cont and Conteos\$Raza  
 Kruskal-wallis chi-squared = 3.3691,  
 df = 3, p-value = 0.3381

Parámetro	CRIOLLA	HAMPSHIRE	ROMNEY MARSH	CORRIEDALE
Promedio (OPG)	3.228	3.225	3.360	3.730
Desviación estándar	1.101	1.164	1.040	0.660
Coefficiente de variación	34.08	36.08	30.50	8.540
Mediana	3.342	3.497	3.570	3.580
Valor máximo	4.939	5.008	4.730	5.250
Valor mínimo	0	0	0	2.170
Primer cuartil	2.603	2.662	2.900	3.380
Tercer cuartil	4.008	4.108	3.920	4.140

Las razas Criolla y Hampshire presentaron una excreción similar de ooquistes, al aplicar prueba de Normalidad Multivariada, se observó que los datos no distribuyeron normal multivariado, por esta razón la diferencia entre los grupos se evaluó con estadística no paramétrica; al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (figura 2-17b, tabla 2-5), se observa un valor de 3.3691 con un  $p = 0.3381$ , lo que significa que la excreción en general de todas las especies para estas dos razas es similar. ( $P > 0.74$ ), (Figura 2-5).

---

Por otra parte, en la raza Hampshire, *E. ahsata*, *E. marsica* y *E. ovinoidalis* fueron las más frecuentes, (5/8), y la menos frecuente fue *E. punctata* (tabla 2-6), lo cual está de acuerdo con lo reportado por Skirnisson (2007), y Barutzki (1990).

En Colombia, los estudios sobre la prevalencia de la Eimeriosis en ovejas son escasos (Vargas. 2016; Pinilla León *et al.* 2019; Pulido-Medellín *et al.* 2020; Díaz-Anaya *et al.* 2017), pero estos trabajos reportan la prevalencia a nivel taxonómico de género, este puede ser el primer trabajo en que se identifica *Eimeria* a nivel de especie en Colombia y en el trópico de altura colombiano, existe una identificación de *E. intricata* en un ovino procedente de Bogotá, con descripción de algunos caracteres morfológicos (Luque 1955).

Una dificultad en la identificación es el uso de diferentes técnicas, algunas que se basan en la morfología y morfometría, pero que tienen diferente sensibilidad, y, además, esta debe ser realizada por personal experto y otros estudios han usado técnicas moleculares. Al-Saadoon (2018) y Trejo-Huitrón *et al.* (2020), compararon la identificación morfológica y morfométrica con la técnica de PCR y reportan el mismo número de especies con las dos técnicas, aunque la sensibilidad de la PCR fue mayor, por tanto, en los casos donde la excreción de ooquistes es baja, sería la técnica más adecuada.

En concordancia con nuestro estudio, Carrau *et al.* (2018), reportan que *E. ovinoidalis* fue la especie más prevalente; sin embargo, para estos autores la unidad de muestreo fue un conjunto de granjas, a diferencia de este estudio en que la unidad de muestreo era la materia fecal tomada de cada cordero.

*E. ovina* también ha sido reportada como de alta patogenicidad y muy frecuentemente encontrada en otras latitudes (Arslan *et al.* 1999; Lopes *et al.* 2013; Platzer *et al.* 2005; Rommel. 2000), pero Catchpole y Gregory. (1985), reportan esta especie como de baja patogenicidad. Una posible explicación de la divergencia puede ser las diferencias de condiciones ambientales de los biomas donde se hicieron los muestreos, que favorezcan el desarrollo de la especie y el período prepatente de la misma.

Sin embargo, en la mayoría de los hospederos, los parásitos coexisten causando cambios y daños mínimos, mientras la enfermedad clínica ocurre en el hospedero si es sujeto a una carga infecciosa alta o si su resistencia a la enfermedad está disminuida (Taylor. 1995), a la luz de esto, para el capítulo siguiente no se hizo diferenciación de especies en los conteos. En la literatura son escasos los estudios que se enfocan en la susceptibilidad de

las razas y los resultados son contradictorios. Khan *et al.* (2011) no encontraron que la raza fuera un factor de riesgo para la infección con *Eimeria* spp., Al igual que Idris *et al.* (2012), no encontraron diferencias significativas en las razas Merinoland, German Blackhead, Multon, Rhoen, Texel, y Merino; y, por el contrario, Jolley y Bardsley. (2006) con razas Santa Inés, Dorper y Suffolk, Lacaune e Ile de France encontraron que las razas puras eran más susceptibles a las manifestaciones de la enfermedad que los cruces.

## 2.4. Conclusiones

Este es el primer acercamiento a la identificación morfológica-morfométrica de las especies de *Eimeria* spp., que infectan a ovinos en Colombia y más específicamente en el trópico de altura, por lo que se constituye en un línea base o un primer insumo, para poder establecer varios aspectos de la epidemiología de las infecciones, como prevalencia de las especies, infecciones mixtas y dinámica de la aparición y desarrollo de dichas infecciones, patogenia y manifestaciones clínicas entre otros aspectos, que involucran el desarrollo técnico y tecnológico de las granjas, respuestas al clima propio de las diferentes regiones.

En el presente estudio se encontraron un total de 12 especies, las 11 reconocidas: *E. ovina*, *E. granulosa*, *E. ahsata*, *E. crandallis*, *E. marsica*, *E. faurei*, *E. ovinoidalis*, *E. parva*, *E. pallida*, *E. punctata*, *E. weybridgensis*, más *E. gonzalezcastroi* que aún no se le ha reconocido el papel patógeno para los ovinos. Además, es uno de los reportes más altos de infecciones mixtas, con 10 especies.

Además, en concordancia con lo planteado por Trejo-Huitron *et al.* (2020), la identificación morfológica y morfométrica necesita varios requisitos: Que se haga por personas bien entrenadas, se necesitan análisis más profundos porque al igual que lo encontrado en este trabajo, hay algunas variaciones en la morfología, que pueden dificultar la identificación más acertada, o como en el caso de *E. sp. 1*, se debe aclarar por técnicas moleculares si esta es una variación de *E. ovinoidalis* que es una de las especies más patógena o se trata de una nueva especie, o de un linaje diferente. En el caso que sea una variación de *E. ovinoidalis* tiene implicaciones importantes desde el punto de vista económica, por ser esta especie la que es considerada más patógena.

Finalmente, se deja una herramienta para futuros trabajos con el fin de facilitar la identificación de las especies para el posterior abordaje de otros aspectos como fue planteado en párrafos anteriores

## 2.5. Bibliografía

- 1 Al-Neama, R. T., Brown, K. J., Brown, K. J. y Blake, D. P. (2021). Determinants of *Eimeria* and *Campylobacter* infection dynamics in UK domestic shee. The role of coinfection. *Parasitology*, 148 (5), 623-629. Doi: 10.1017/S0031182921000044.
- 2 Al-Saadoon, Z. M. (2018). *Morphological and molecular study of Eimeria spp in sheep in Wasit province*. Tesis doctoral. University of Baghdad. P. 154.
- 3 Alowanou, G. G., Adennilé, A. D., Akouedegni, G. C., Bossou, A. C., Zinsou, F. T., Akakpo, G., Kifouly, H. A., Rinalde, L., Von Samson-Himmelstjerna, G., Cringoli, G., y Hounzangbé-Adoté, S. (2021). A comparison of Mini-FLOTAC and McMaster techniques in detecting gastrointestinal parasites in West Africa Dwarf sheep and goats and crossbreed rabbits. *Journal of Applied Animal Research*, 49:1, 30-38, Doi: [10.1080/09712119.2021.1876703](https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1876703).
- 4 Arslan, M. O., Umur, S., y Kara, M. (1999). The prevalence of coccidian species in sheep in Kars Province of Turkey. *Tropical Animal Health Production*, 1(3), 161-165. Doi: 10.1023/a:1005186624978.
- 5 Barreto de Souza, L. E., Ferreira da Cruz, J., Ferreira Neto, M. R., Albuquerque, G. R., Brandao Melo, A. D., y Tapia Tapia, D. M. (2015). Epidemiology of *Eimeria* infections in sheep raised extensively in a semi-arid region of Brazil, *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology* Jaboticabal, 24(4), 410-415. Doi: 10.1590/S1984-29612015070.
- 6 Bayer animal health care (BAHC). 2010. Biocox 5% Toltrazuril. Technical information International Edition. 16: 27-32.
- 7 Bazalar, R., y Guerrero, C. A. (1969). Coccidiosis en ovinos domésticos de altura, con una descripción de *Eimeria gonzalezi* n. sp. *Revista Facultad de Medicina Veterinaria*, Lima, 22, 171-180.
- 8 Carrau, T., Silva, L., Pérez, D., Failing, K., Martínez-Carrasco, C., Macías, J., Taubert, A., Hermosilla, C., y de Ybáñez, R. R. (2018). Associated risk factors influencing ovine *Eimeria* infections in southern Spain. *Veterinary Parasitology*, 263, 54–58. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.10.004>.

- 
- 9 Catchpole, J., y Gregory, M. W. (1985). Pathogenicity of the coccidium *Eimeria crandallis* in laboratory lambs. *Parasitology*, 91 (Pt 1), 45–52. <https://doi.org/10.1017/s003118200005650x>.
  - 10 Chartier, C., y Paraud, C. (2012). Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Ruminant Research*, 103, 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.10.022>.
  - 11 Cringoli, G. (2004). Coprological diagnosis: what's new? *Parassitologia*, 46(1-2), 137-139.
  - 12 Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Second Edition doi.org/10.4324/9780203771587.
  - 13 De Andrade, A. L., Jr, da Silva, P. C., de Aguiar, E. M., & Santos, F. G. (2012). Use of coccidiostat in mineral salt and study on ovine eimeriosis. *Revista brasileira de Parasitologia Veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 21(1), 16–21. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612012000100004>.
  - 14 De Souza, L. E., da Cruz, J. F., Teixeira Neto, M. R., Albuquerque, G. R., Melo, A. D., y Tapia, D. M. (2015). Epidemiology of *Eimeria* infections in sheep raised extensively in a semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 24(4), 410–415. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612015070>.
  - 15 Díaz-Anaya, A., Chavarro-Tulcán, G. I., Pulido-Medellín, M. O., García-Corredor, D., y Vargas-Avella, J. C. (2017). Estudio coproparasitológico en ovinos al pastoreo en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Animal*, 39(1), 1-8.
  - 16 Duszynski, D. W., y Wilber, P. G. (1997). A guideline for the preparation of species descriptions in the Eimeriidae. *The Journal of parasitology*, 83(2), 333–336.
  - 17 El-Alfy, E-S., Abbas, I., Al-Kappany, Y., Al-Araby, M., Abu-Elwafa, A., y Dubey, J. P. (2020). Prevalence of *Eimeria* species in sheep (*Ovis aries*) from Dakahlia governorate. Egypt. *Journal of Parasitic Diseases*, 44, 55-573. <https://doi-org.ezproxy.unal.edu.co/10.1007/s12639-020-01229-1>.
  - 18 Gauly, M., Krauthahn, C., Bauer, C., y Erhardt, G. (2001). Pattern of *Eimeria* oocyst output and repeatability in naturally infected suckling Rhön lambs. *Journal of veterinary medicine. B, Infectious diseases and veterinary public health*, 48(9), 665–673. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2001.00493.x>.

- 
- 19 Gauly, M., Reeg, J., Bauer, C., y Erhardt, G. (2004). Influence of production systems on the *Eimeria* oocyst output and weight gain. *Small Ruminant Research*, 55: 159-167.
- 20 Idris, A., Moors, E., Sohnrey, B., y Gauly, M. (2012). Gastrointestinal nematode infections in German sheep. *Parasitology Research*, 110(4), 1453-1459. doi: 10.1007/s00436-011-2648-1. Epub 2011 Oct 7. PMID: 21979784; PMCID: PMC3305884.
- 21 Jolley, W. R., Barsley, K.D. (2006). Ruminant Coccidiosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. 22(3): 613-621
- 22 Kaya, G. (2002). Prevalence of *Eimeria* species in Lambs in Antakya Province. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 28: 687-692.
- 23 Khan, T., Iqbal R. Z., Sajid, M. S., Ahmad, M., Riaz, M. (2011). Prevalence and Associated Risk Factors of *Eimeria* in Sheep of Punjab, Pakistan. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 79, 43-447.
- 24 Khodakaram-Tafti A, Hashemnia, M. (2017). An overview of intestinal coccidiosis in sheep and goats. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 168(1-3), 9-20.
- 25 Le Bodo, E., Hornick, J-L., Moula, N., Zúñiga, S. A., Martínez-Alfaro, J., C. (2020), Assessment of gastrointestinal parasites and productive parameters on sheep fed on a ration supplemented with *Guazuma ulmifolia* leaves in Southern Mexico. *Animals*, 19(9): 1617. <https://doi.org/10.3390/ani10091617>.
- 26 Lizcano Herrera, J. y Romero Rodriguez, J. (1972). Contribución al estudio de las coccidiopatías del *Alectoris rufa* (L.). Descripción de la *Eimeria gonsalezi*, n. sp. y redescrpcion de la *Eimeria koifoidi*, Yakimoff y Matikashwili, 1936. *Revista Iberica de Parasitología*, 32: 95-113.
- 27 Lopes, W D. Z., Borges, F. A., Faiolla, T. P., Antunes, L. T., Borges, D. G. L., Rodriguez, F. S., Ferraro, G., Texieira, W. F., Macel, W. G., Felippelli, G., da Costa, A. J., Pereira, V., y Martinez, A. C. (2013). *Eimeria* species in Young and adult sheep raised under intensive and / or semi-intensive systems of a herd from Umuarama city, Parana State, Brazil. *Ciencia Rural*, 43(1), 2031-2036.
- 28 Luque, G. (1955). La *Eimeria intricata* Spiegl. Primera comunicacion. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 385-388.
- 29 Martin, L. B., Coon A. C. (2010). Infection protection and natural selection. *Science*, 330, 602–603. Doi: [10.1126/science.1198303](https://doi.org/10.1126/science.1198303).

- 
- 30 Martins, N. S., Motta, S. P., Santos, C. C., Moreira, A. S., Farias, N. A. R. y Ruas, J. L. (2020). *Eimeria* spp. Infection in lambs from southern Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 40 (11), 871-874. Doi: 10.1590/1678-5150-PVB-6745.
- 31 Meradi, S., y Bentounsi, B. (2021). Lamb's *Eimeria* infections raised in a steppe region and their impacts on clinical indicators (FAMACHA<sup>®</sup> and Disco). *Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 45(3), 599–605. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01336-z>.
- 32 Mohamaden, W. I., Sallam N. H., Abouelhasan, E. M. (2018). Prevalence of *Eimeria* species among sheep and goats in Suez Governorate, Egypt. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 6(1), 65-72. Doi: [10.1016/j.ijvsm.2018.02.004](https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.02.004).
- 33 Mundt, H. C., Dittmar, K., Dauschies, A., Grzonka, E., & Bangoura, B. (2009). Study of the comparative efficacy of toltrazuril and diclazuril against ovine coccidiosis in housed lambs. *Parasitology Research*, 105 Suppl 1, S141–S150. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1505-y>.
- 34 Muñoz, C. A., Campbell, A. J. D., Hensworth, P. H., Doyle, R. E. (2019). Evaluating the welfare of extensively managed sheep. *Plos One*, 16(6), e0218603. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218603>.
- 35 Olmos, L.H., L. H., Colque Caro, L. A., Avellaneda-Cáceres, A., Medina, D. M., Sandoval, V., Aguirre, D. H., y, Micheloud J. F., J. F. (2020). First record of clinical coccidiosis (*Eimeria ovinoidalis*) in adult sheep from northwestern Argentina. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 21, 100429. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100429>.
- 36 Pellerdy, L. P. (1974). *Coccidia and coccidiosis*. 2th ed. Paul Parey, Berlin und Hamburg and Akadémiai Kiadó. Budapest. pp771-805.
- 37 Pinilla, J. C., Flórez, P., Sierra, M. T., Morales, E., Sierra, R., Vásquez, M. C., Tobon, J. C., Sánchez, A., y Ortiz, D. (2018). Point prevalence of gastrointestinal parasites in double purpose cattle of Rio de Oro and Aguachica municipalities, Cesar state, Colombia. *Veterinary parasitology, regional studies and reports*, 12, 26–30. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2018.01.003>.
- 38 Pinilla León, J. C., Uribe Delgado, N., Flórez, A. A. (2019). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle and sheep in three municipalities in the colombian northeastern mountain. *Veterinary World*, 12 (1),48-54. Doi: 10/14202/Vetworld.2019.48-54.

- 
- 39 Platzer, B., Prosl, H., Cieslicki, M., y Joachim, A. (2005). Epidemiology of *Eimeria* infections in an Austrian milking sheep flock and control with diclazuril. *Veterinary Parasitology*, 129(1-2), 1–9. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.11.031>.
- 40 Plummer, P. J., Hempstead, M. N, Shearer, J., Lindquist, T. M. (2021). Evaluating the welfare of small ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 37(1), 33-54. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.11.001>.
- 41 Pout, D. D. (1973). Coccidiosis of lambs. I. Observations on the Naturally Acquired infection. *British Journal of Veterinary*, 129(6), 555-567.
- 42 Pulido-Medellin, M. D., Chavarro-Tulcán, G. I. y Díaz-Amaya, A. M. (2020). Prevalence and risk factors of gastorintestinal parasites in sheep from Ubaté, Cundinamarca, Colombia. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*. 42, e098819. Doi: 10.29374/2777-2179.bjvm098819.
- 43 Rommel M. (2000). Parasitos en des Nutzgeflügels (Huhn, Truthuhn, Gans, Ente, Taube). In: Rommel M, Eckert J, Kutzer E, Körting W, Schnieder T (eds) *Veterinärmedizinische Parasitologie*. Parey Buchverlag, Berlin, pp 673–774.
- 44 Saleh Baberi, N.A., Karini, I., Nourani, H., Azizi, Alajive, H., Razami, G. (2021). Parasitological and pathological findings coccidiosis in an experimental infection caused by *E. ahsata* in lambs. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. *Iranian Journal of Veterinary Parasitology*. 2021.13(2): 20-28. Doi: 10.22067/IJVST.2021.71247.1057.
- 45 Skirnisson, K. (2007). *Eimeria* spp. (Coccidia, Protozoa) infections in a flock of sheep in Iceland: Species composition and seasonal abundance. *Icelandic Agricultural Science*, 20: 73-80.
- 46 Taylor, M. A. (1995). Diagnosis control coccidiosis in sheep. *In Practice*, 17, 172-177.
- 47 Toulah, F. (2007). Prevalence and comparative morphological study of four *Eimeria* sp. in Sheep in Jeddah area, Saudi Arabia. *Journal of Biological Science*, 7(2),13-416.
- 48 Trejo-Huitron, G., Bautista-Gómez, L. G., Martínez-Castañeda, J. S., Romero-Núñez, C., Trejo-Castro, L., y Espinosa-Ayala, E. (2020). Morphological characterization and first molecular identification of the eleven *Eimeria* species that infect sheep from Mexico. *Parasitology Research*, 119, 115-122. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06477-6>.
- 49 Vargas Duarte, J. J. (2016). *Epidemiology and control of gastrointestinal parasite infections in wool sheep adapted to tropical andes high altitude conditions*. Tesis de doctorado no publicada. University of Namur Faculty of Sciences.



- 
- 50 Varghese, T., y Yayabu, R. (1984/85). Ovine Coccidia in Papua New Guinea. *Veterinary Parasitology*, 17(181-191).
- 51 Vercruyse J (1982) The coccidia of sheep and goats in Senegal. *Veterinary Parasitology*, 10,297–30.
- 52 Wang, Y., Tang, J. W., Ma, W. Q., Feng, J., y Feng, J. (2010). Dietary zinc glycine chelate on growth performance, tissue mineral concentrations, and serum enzyme activity in weanling piglets. *Biological Trace Element Research*, 133(3), 325–334. <https://doi.org/10.1007/s12011-009-8437-3>.
- 53 Yaman, Y., Aymaz, R., Keles, M., Bay, V., Özüüclü, M., and Senlik, B. (2021). Association between ovine Toll-like receptor 4 (TLR-4) coding variants and presence of *Eimeria* sp. in naturally infected adult Turkish native sheep. *Animal Biotechnology (Ani Biotech)*, 32(3), 375-380. Doi: 10.1080/10945.398.202.1824921.
- 54 Yang, R., Jacobson, C., Gardner, G., Carmichael, I., Campbell, A. J., y Ryan, U. (2014). Longitudinal prevalence, oocyst shedding and molecular characterisation of *Eimeria* species in sheep across four states in Australia. *Experimental Parasitology*, 145, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2014.06.018>

---

### **3. Capítulo 3. Efecto de la suplementación con Zinc sobre el control de *Eimeria* spp., en ovinos durante la gestación y la lactancia en condiciones del Trópico de Altura Colombiano**

#### **3.1. Introducción**

La eimeriosis es una enfermedad común en los corderos recién nacidos (Urquhart *et al.* 1996), principalmente en sistemas intensivos (Lima. 2004). La enfermedad está asociada con diarrea severa, fiebre, anorexia, pérdida de peso corporal, descenso en la calidad de la lana y muerte (McDougald. 1979). La coccidiosis también afecta de una manera significativa a los corderos lactantes (Khodakaram-Tafti y Hashemnia. 2017; Martins *et al.* 2020; Souza *et al.* 2015) y su principal manifestación es la reducción en las tasas de crecimiento de los corderos entre las seis y ocho semanas de edad (Berriatua *et al.* 1995; Gregory *et al.* 1983; Pout *et al.* 1966). Pero también se afectan los corderos en el predestete y destete (Alzieu *et al.* 1999; Blood y Radostits 1989; Taylor 1995). En general, los corderos nacen en ambientes previamente contaminados por ooquistes (Catchpole y Gregory. 1985), por tanto, entran en contacto con el parásito en los primeros días de vida (Pout. 1973) a través de ubres contaminadas o por instalaciones y materiales usados como camas en el proceso de producción (Carrau *et al.* 2018; Pout. 1973).

La suplementación mineral en ovejas es una importante práctica desde el punto de vista aplicado y económico, especialmente por su asociación con la productividad. Esta suplementación es un componente estratégico de diferentes sistemas de producción a nivel global (Stewart. 2021). En general, el déficit de minerales causa problemas tales como: un descenso de la productividad, un pobre crecimiento y ganancia de peso corporal y adicionalmente una mayor susceptibilidad a enfermedades e infertilidad de las ovejas. La mayor problemática se centra en el período comprendido entre el nacimiento al destete, donde los animales son expuestos ambientalmente a varios patógenos (Al-Neama *et al.* 2021; Meradi y Bentounsi. 2021). En particular en el caso del zinc, el mineral es capaz de inducir la proliferación de linfocitos T mediante la inhibición de la interleucina-2, considerando que esta citoquina es un inhibidor del ciclo celular de las células efectoras

---

de la respuesta inmune, como los linfocitos (Prasad. 2008). Igualmente, se observa un incremento a nivel plasmático de inmunoglobulinas M y G, probablemente como consecuencia de un incremento en el conteo de linfocitos, en la medida que las inmunoglobulinas descritas son moléculas sintetizadas por los linfocitos (Fernandez-Cruz *et al.* 2009).

De otra parte, el zinc juega un papel importante en el metabolismo redox, sugiriendo un efecto antioxidante principalmente debido a la activación de algunas enzimas como la dismutasa superóxido (Overbeck *et al.* 2008). En consecuencia, los mecanismos involucrados en minimizar los efectos negativos de la coccidiosis en corderos son indirectos a través de la suplementación de zinc causando un efecto nutracéutico por una mayor respuesta a la inflamación y antioxidante, protegiendo entonces de la exacerbación de la infección por *Eimeria*.

Los pastoreos rotacionales, la disponibilidad de cereales de alta producción y de pasturas de alta calidad, ha permitido mejorar de manera indirecta, la bioseguridad de las explotaciones, concomitante con un manejo eficiente de la producción. No obstante, el confinamiento de los animales en pequeñas áreas ha producido un cambio importante en los microambientes locales, y ha aumentado la probabilidad de infecciones parasitarias (Tomczuk *et al.* 2015; Martins *et al.* 2020). Todo lo anterior ha creado grandes retos para la producción, en la búsqueda que sean más resistentes a la infección natural y a la patogenicidad producida por parásitos. (Thambsborg *et al.* 1999, Tomczuk *et al.* 2015; Maqbool *et al.* 2017; Pettersson *et al.* 2021)

Desde el punto de vista económico, la reducción en la ganancia de peso corporal y la mortalidad producida por las coccidias se estiman en US\$14000000 para el año 1980, debidas a su alta prevalencia (Saratsis *et al.* 2011). Sin embargo, las pérdidas por una infección subclínica han sido estimadas (Khodakaram y Hashemnia. 2017) y están asociados fundamentalmente con una disminución en el crecimiento, una pobre conversión alimenticia y disminución de la fertilidad.

En este contexto y en consideración a la presencia de las especies más patógenas como se reporta en el capítulo anterior, surge la importancia de evaluar el efecto de la suplementación de diferentes fuentes de Zinc sobre el control de *Eimeria* spp., y el

---

crecimiento de dos razas ovinas en condiciones de pastoreo en el Trópico de Altura Colombiano

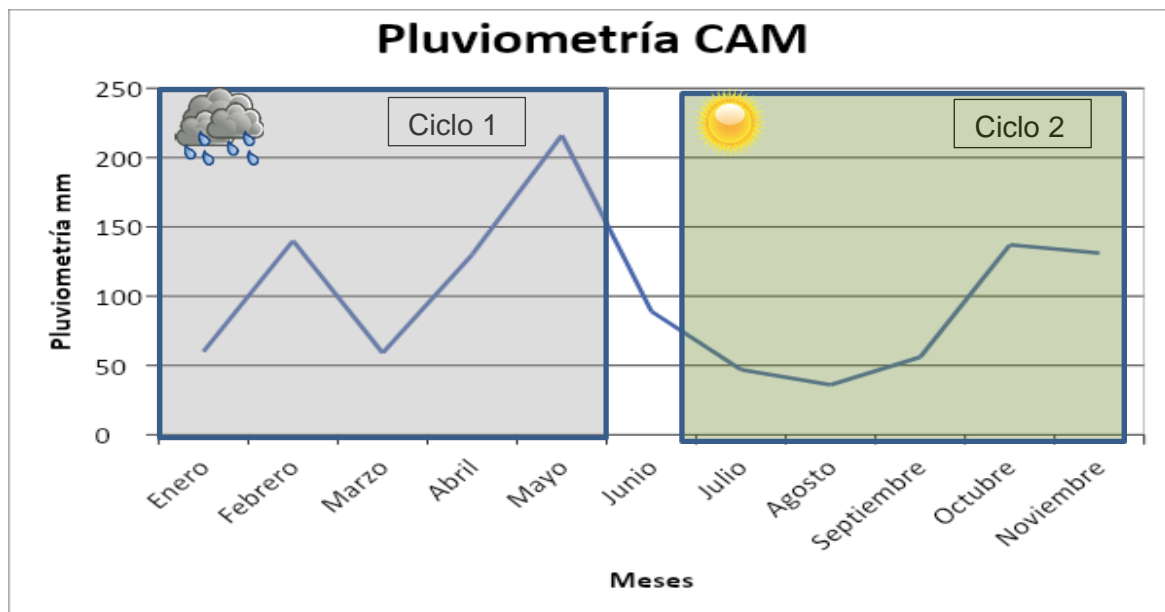
## **3.2. Materiales y métodos**

### **3.2.1. Área de estudio**

Este trabajo se desarrolló en el Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Extensión Ovino (CIDTEO), del Centro Agropecuario Marengo (CAM) ubicado en la microrregión de Altiplanicies y Laderas Frías de Colombia en la provincia Sabana de Occidente; a 4°42" N y 74°14" W. El CAM está localizado a 2630 msnm en el municipio de Mosquera (Cundinamarca) con una precipitación media anual de 970 mm y temperatura promedio de 13 °C. Por otra parte, los datos climatológicos se tomaron desde el mes de enero hasta noviembre, se obtuvieron de la página del CAM (<http://www.marengo.unal.edu.co/ubicacion.html>) y se muestran en la figura 3-1.

Los datos climatológicos del CAM durante el periodo de estudio muestran que los meses más lluviosos fueron febrero, mayo y octubre; y el pico más alto ocurrió en el mes de mayo con más de 200 mm de lluvia, seguido por octubre y un pequeño pico en febrero. En contraste, los meses más secos fueron enero, marzo y agosto, lo cual sugiere una mayor humedad en el primer ciclo comparado con el segundo ciclo, y una mayor oferta forrajera en el segundo ciclo comparado con el primero (Figura 3-1)

**Figura 3-1.** Precipitación mensual asociada a ciclos durante la recolección de datos por la suplementación con Zinc



### 3.2.2. Concentración de Zinc en el forraje y en la suplementación estratégica

Para el análisis de materia seca y la concentración de Zn en la pradera, se muestrearon en forma de X de manera representativa, de 1kg de pasto que kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), de cada uno de 10 potreros. Estas muestras eran pesadas, deshidratadas a 60°C por dos días, molidas y almacenadas en bolsas plásticas, debidamente selladas para evitar el ingreso de aire

Igualmente, se tomaron muestras de la suplementación estratégica consistente en: heno de angleton, concentrado comercial (leche standard® 75), y sal mineral comercial (Italsa®), las cuales también fueron analizadas para el contenido de materia seca y de zinc. Para el análisis del contenido de zinc se siguió el protocolo del Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia utilizando la espectrofotometría de fluorescencia de rayos X (Bruker S2 Picofox). (AOAC 1996)

La cantidad diaria ingerida de Zinc en ppm se calculó a partir de la relación del peso corporal con el consumo de la pradera (2.1 % del peso corporal) expresado en Kg de materia seca (MS) / día (Primary Industries and Regions South Australia. 2015).

### 3.2.3. Manejo de la producción

La estación de monta fue bianual y se inició en los meses de abril y noviembre, siendo el período de apareamiento de un mes. La confirmación de la preñez se realizó al día 35 después de terminar el período de apareamiento. La tasa de fertilidad presentó un rango del 78%-86% y los períodos de parición correspondieron a los meses de Marzo (ciclo 1) y Agosto (ciclo 2). La edad de destete de los corderos fue de 8-12 semanas de edad.

Las ovejas se vermifugaron con un antihelmíntico a base de Moxidectina (CYDECTIN®), a 200µg/kg de peso, un mes antes del inicio de la temporada de partos. Este mismo esquema se usó en el seguimiento de los corderos y las madres durante todo el período de estudio utilizando FAMACHA (indicador del color de la mucosa ocular) para controlar la infección con nemátodos y prevenir los efectos de estos parásitos sobre las manifestaciones de la eimeriosis.

Después del nacimiento, los corderos se mantuvieron con sus madres en corrales por 48 horas, y después se transfirieron al potrero. Las crías estuvieron con las madres hasta las ocho semanas de edad.

### 3.2.4. Animales y grupos experimentales

De las cuatro razas disponibles en el CAM se seleccionaron las razas Hampshire y Criolla por compartir características de prolificidad y de excreción de ooquistes de *Eimeria* spp., como se expresó en el capítulo anterior ( $p=0.5575$ ). La raza Criolla es importante por ser un recurso genético propio, distribuido en zonas por encima de los 2000 msnm (Hidalgo Benítez. 2020) y que se constituye en un valioso patrimonio nacional y que, por tanto, debe tratarse por todos los medios posibles de conservarlo (Pastrana- Bonilla. 1996).

Se seleccionaron un total de 64 hembras (distribuidas en 32 animales por ciclo de parición) de las razas Criollo y Hampshire (16 hembras por raza por ciclo), las cuales fueron agrupadas aleatoriamente en cuatro grupos, cada uno compuesto por cuatro hembras: 1. Control sin suplementación (Control), 2. Control de vehículo: Maíz sin adición de Zinc (Maíz), 3. Óxido de Zinc (Maíz-óxido) y 4. Zinc Quelatado (Maíz-quelatado), y un total de cuatro (4) réplicas por grupo experimental. De las 64 hembras utilizadas en el estudio, 6 fueron primíparas (3 Criollas y 3 Hampshire, respectivamente). (Tabla 3-1).

De los 88 individuos que nacieron de las 64 hembras utilizadas en el estudio, la población de estudio quedó constituida por 82 corderos (que recibieron la suplementación in útero), porque seis crías murieron discriminadas así: en el primer ciclo, dentro del tratamiento control hubo dos crías muertas de la raza Hampshire, por aplastamiento, dentro del tratamiento maíz hubo dos pérdidas, un cordero de la raza Hampshire que nació de manera prematura y murió; y un cordero de la raza Criolla que nació con una malformación que le impedía alimentarse adecuadamente con leche materna. Dentro del tratamiento Óxido hubo una pérdida en la raza Criolla por muerte de la madre. Dentro del tratamiento Quelatado hubo dos pérdidas de crías, una en el primer ciclo por muerte del cordero, pero no se pudo establecer la causa de la muerte y la otra en el segundo ciclo porque tocó sacrificar a la madre por un prolapso vaginal. Finalmente, los grupos quedaron conformados como se describe en la tabla 3-1.

**Tabla 3-1.** Conformación de los grupos experimentales. Número de corderos nacidos de hembras Criollas y Hampshire sometidas a cuatro diferentes tratamientos experimentales y clasificados por tipo de parto

	Macho Control	Hembra Control	Macho Maíz	Hembra Maíz	Macho Óxido	Hembra Óxido	Macho Quelato	Hembra Quelato	Total
Criollo Ciclo 1 Parto Simple	1	2	2	1	0	1	1	1	9
Criollo Ciclo 2 Parto Simple	3	1	1	1	0	0	2	1	9
Hampshire Ciclo 1 Parto Simple	0	1	0	1	1	1	0	0	4
Hampshire Ciclo 2 Parto Simple	2	0	1	3	1	2	0	0	9
Criollo Ciclo 1 Parto Doble	2	0	0	0	3	1	3	1	10
Criollo Ciclo 2 Parto Doble	0	0	2	1	6	1	0	2	12
Hampshire Ciclo 1 Parto Doble	0	3	2	2	2	2	3	3	17
Hampshire Ciclo 2 Parto Doble	2	2	2	4	1	1	0	0	12

A cada una de las crías disponibles para el estudio se le tomó el peso corporal al nacimiento, a las 48 horas y después semanalmente (7,14, 21, 28, 35, 42 y 56 días de edad). Para este procedimiento se utilizó una balanza comercial Flybiz No. B07HMQLPLX con una dispersión de 0.1 kg



### 3.2.5. Alimentación y suplementación estratégica

Las ovejas pastorearon en praderas de *Cenchrus clandestinus* (kikuyo) en los lotes M, D y E; y *Cenchrus clandestinus* y *Lolium perenne* (ryegrass) en el lote K en un sistema de pastoreo rotacional de una semana por potrero. El aporte de Zinc de la pradera, de la suplementación estratégica y de los tratamientos experimentales se estimaron a partir de los análisis de la concentración de zinc presente en las pasturas y el alimento suministrado a las ovejas. Las ovejas se suplementaron de forma estratégica durante parte de la gestación (75 días antes del parto) y toda la lactancia (56 días) con el concentrado comercial LECHE STANDARD® 75 (230 g para la gestación y 250 g para la lactancia), además de la adición de sal mineral comercial ITALSAL® (10 g / animal), glicerol (10 g / animal / día) y heno (31-44 g / animal / día).

Una vez se cumplían 72 horas del parto, se ordeñaron las madres hasta obtener un mínimo de 25 ml de muestra total por hembra para poder determinar la concentración de Zinc en la leche, por espectrofotometría de fluorescencia de rayos X en un equipo Bruecker S2picofox, según el procedimiento de la Association of Official Agricultural Chemists-AOAC (1996).

### 3.2.6. Zinc ingerido por los diferentes grupos experimentales

El promedio del peso corporal de las ovejas para la raza Criolla fue de 37.5 kg, y la raza Hampshire fue de 50.9 kg. A partir de estos valores se estimó la ingesta diaria de zinc de la pradera de kikuyo así: porcentaje materia seca 14.5 %, concentración promedio de zinc en la pradera de 85.4 ppm y consumo promedio de zinc por día 10.4 mg/d para la raza criollo y 14.1 mg/d para la raza Hampshire (Tabla 3-2).

**Tabla 3-2.** Ingestión diaria estimada de Zinc (mg/día) en hembras adultas en pastoreo de kikuyo -CID

POTRERO	Forraje- kikuyo		RAZA	
	Materia Seca	Zinc Forraje	Criolla	Hampshire
	%	ppm	Ingestión estimada de Zinc, mg/día <sup>1</sup>	Ingestión estimada de Zinc,mg/día <sup>1</sup>
M1	13.0	84.8	8.7	11.8
M2	15.2	59.3	7.1	9.6
M3	13.2	85.3	8.9	12.0
M4	13.4	65.1	6.9	9.3
M5	13.6	68.5	7.3	10.0
M6	14.7	83.2	9.6	13.1
M7	16.7	81.7	10.7	14.6
D	16.5	74.9	15.6	21.2
E	15.4	161.5	19.6	26.6
K	13.5	90.0	9.6	13.0
Promedio	14.5	85.4	10.4	14.1

<sup>1</sup> Se asume un consumo de la pradera relacionado con el 2.1% del peso corporal consumido en materia seca (Criolla: 37.5 kg y Hampshire: 50.9 kg).

A partir de estos resultados, se complementó el consumo diario de Zinc en pastoreo asociada a la suplementación estratégica en lactancia. En la tabla 3-3, se presentan los datos de la estimación de zinc ingerido diariamente por las hembras considerando la suplementación estratégica que rutinariamente se aplicó a los animales. El análisis permite inferir que este tipo de suplementación suministrado en CIDTEO aportó a las hembras 93.2 mg/d de zinc.

La concentración del Zinc al suplementar diferentes fuentes de Zinc en hembras durante el período de gestación y lactancia se observa en la tabla 3-4. Ocho ovejas en cada grupo experimental se suplementaron durante la preñez (cuatro en el primer ciclo y cuatro en el segundo) con los tratamientos: maíz- óxido y maíz –quelatado con 60 mg de cada compuesto adicionado a 100 g de maíz. Los otros dos grupos experimentales correspondieron al grupo control y de maíz sin suplementar. La sumatoria de los diferentes componentes del sistema de alimentación (pastoreo, suplementación estratégica y suplementación de Zinc) mostraron valores estimados de ingestión de zinc de: 104, 107, 149 y 115 mg / día para: control, maíz, maíz-óxido de zinc y maíz-zinc quelatado, respectivamente.

**Tabla 3-3.** Ingestión diaria estimada de Zinc en hembras adultas-suplementación estratégica durante la gestación y lactancia

Ingrediente	Materia seca	Concentración Zinc	Suplemento	Ingestión de Zinc
	%	ppm	cantidad, kg	mg/día
Heno de angleton	91,8	32	0,200	5,9
Concentrado LECHE STANDARD 75	87,2	166	0,250 1	36,1
Sal ITALSAL	96,1	5330	0,010	51,2
			<b>TOTAL /día</b>	<b>93,2</b>

<sup>1</sup> Se adicionaron 0.23 kg durante la gestación

**Tabla 3-4.** Ingestión diaria estimada de zinc a partir de diferentes fuentes

Tratamiento	Materia seca	Concentración de zinc	Ingestión de zinc
	%	ppm	mg/día
Maíz-Control	89,4	32,5	2,90
Maíz-Óxido de Zinc <sup>1</sup>	90,4	495	44,74
Maíz- Zinc Quelatado <sup>1</sup>	88,6	128	11,34

<sup>1</sup> Se adicionaron 60 mg de cada compuesto a 100 g de maíz molido

### 3.2.7. Estimación del nivel de Zinc en la leche

Para estimar el nivel de Zinc que los corderos estaban ingiriendo en la leche, una vez las ovejas habían cumplido las 72 horas después del parto, se ordeñaban hasta obtener 25mL de leche, con los siguientes resultados

**Tabla 3-5.** Concentración (en ppm) del Zinc en la leche de las ovejas del experimento según raza y tratamiento

TRATAMIENTO	RAZAS	
	Criolla	Hampshire
Control	14,1±1,89	12.7±2,28
Maíz	13,0±1,87	13.7±2,28
Óxido	13,6±1,88	11.6±2,24
Quelatado	10,7±1,90	14.7±2,25

### 3.2.8. Muestras de coprología

Los análisis parasitológicos se realizaron a partir de muestras de materia fecal obtenidas directamente del recto, mediante extracción digital rectal en los días 14, 28, 42, y 56 de edad (Al-Neama *et al.* 2021; De Macedo *et al.* 2020). Estas muestras fueron tomadas con un guante plástico el cual fue sellado y almacenados a 4 °C, hasta su posterior análisis.

La presencia y número de ooquistes fecales se determinaron usando la técnica de McMaster (Alowanou. 2021; López-Osorio *et al.* 2020; Taylor. 1995). El análisis del conteo de ooquistes se realizó mediante la transformación a logaritmo decimal (número de ooquistes+1) para corregir la heterogeneidad de la varianza y producir una distribución normal aproximada de los datos.

La consistencia de las heces fue realizada de acuerdo a la escala propuesta por Jacobson *et al.* (2009) con las siguientes categorías: 1: Pellet duro, seco al tocar, 2: Pellet blando, húmedo al tocar, 3: Heces blandas, 4: Diarrea pastosa, 5: Diarrea acuosa

### 3.2.9. Análisis Estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.2. utilizando el procedimiento GLIMMIX. Los análisis de varianza fueron llevados a cabo de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \kappa_m + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\kappa)_{im} + (\beta\kappa)_{jm} + (\alpha\beta\kappa)_{ijm} + \varepsilon_{ijklmn} + \rho_l + (\rho\alpha)_{ij} + \rho_n + (\alpha\rho)_{in} + (\beta\rho)_{mn} + (\alpha\beta\rho)_{ijn} + \varepsilon_{ijklmn}$$

En donde:

$\Upsilon$  = Peso corporal, tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento, tasa instantánea de crecimiento, consistencia de heces y conteo de ooquistes (OPG)/ g.

$i = 1, 2$  (a = número de niveles factor A o raza)

$j = 1, 2$  (b = número niveles factor B o ciclo)

$k=1, 2$  (c= número niveles factor C o parto)

$l= 1, 2$  (d= número niveles factor D o sexo)

$m= 1, 2, 3, 4$  (e= número niveles factor D o tratamiento)

$\mu$ : Promedio de la respuesta general

$\alpha_i$ : Efecto del factor A asignado a las razas

$\beta_j$ : Efecto del factor B asignado al ciclo

$\gamma_k$ : Efecto del factor C asignado al parto

$\delta_l$ : Efecto del factor D asignado al sexo

$\kappa_m$ : Efecto del factor E asignado a los tratamientos

$(\alpha\beta)_{ij}$ : Efecto de la interacción raza-ciclo

$(\alpha\kappa)_{im}$ : Efecto de la interacción raza-tratamiento

$(\beta\kappa)_{jm}$ : Efecto de la interacción ciclo-tratamiento

$\varepsilon_{ijklm}$ : Error experimental asociado a los efectos entre réplicas

$\rho_n$ : Efecto de los días de edad

$(\alpha\rho)_{in}$ : Efecto de la interacción raza –día

$(\beta\rho)_{jn}$ : Efecto de la interacción ciclo –día

$(\beta\rho)_{mn}$ : Efecto de la interacción tratamiento -día

$\varepsilon_{ijklmn}$  Error experimental asociado a los efectos dentro de cada réplica en los días descritos.

La tasa absoluta de crecimiento fue calculada restando el peso corporal final (PCF) del peso corporal inicial (PCI) dividido por el período de tiempo y es expresada kg/d. La tasa relativa de crecimiento fue estimada dividiendo el numerador de la tasa absoluta de crecimiento por el peso inicial multiplicando por 100:  $((PCF-PCI)/PCI \times 100)$ . La tasa instantánea de crecimiento no tiene la restricción del tiempo y es comparada con la tasa relativa de crecimiento. Esta parte de una relación exponencial del crecimiento donde:

---

$PC=PCI*\exp(G*t)$  (Ricker. 1979), siendo G la pendiente en la relación logarítmica natural entre el peso corporal a una edad determinada y el peso inicial

Para los efectos significativos asociados con los tratamientos y la edad en días, las medias fueron separadas mediante prueba de Tukey ( $p<0.05$ )

### **3.3. Resultados y discusión**

#### **3.3.1. Crecimiento de los corderos**

##### **▪ Peso corporal**

La dinámica del crecimiento de los corderos durante 56 días se observa en la tabla 3-6. Mientras en los días 1 y 2 post- nacimiento no se observaron diferencias, a partir del día 7 de edad hasta el día 56 de edad el crecimiento presentó una tendencia exponencial significativa ( $p<0.001$ ). La interacción edad x suplementación de zinc no fue significativa ( $p<0.668$ ), pero sí la interacción edad x ciclo ( $p<0.016$ ).

Los efectos de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre el peso corporal se observan en la tabla 3-7. La raza presentó diferencias en el peso corporal, con un mayor peso para la raza Hampshire ( $p<0.001$ ). El ciclo de producción presentó una tendencia sobre el peso corporal ( $p<0.08$ ), mientras que el parto y el sexo no presentaron diferencias ( $p<0.28$  y  $p<0.48$ , respectivamente). El análisis de la suplementación de fuentes de zinc mostró diferencias en el peso corporal entre los óxidos de zinc y el zinc quelatado (8.16 vs 8.75, respectivamente), pero el comportamiento en el peso corporal del grupo con zinc quelatado fue similar al grupo control sin suplementar ( $p>0.05$ ). Las interacciones: raza x suplementación, ciclo x suplementación y parto x suplementación fueron significativas ( $p<0.021$ ,  $p<0.027$  y  $p<0.048$ , respectivamente)

**Tabla 3-6.** Dinámica del crecimiento de los corderos durante el estudio e interacciones con la suplementación y el ciclo

Variable	Peso corporal, kg <sup>1/</sup>	Probabilidad	
Edad	1	4.13 ± 0.247 <sup>a2/</sup>	p<0.0001
	2	4.49 ± 0.247 <sup>a</sup>	
	7	5.81 ± 0.247 <sup>b</sup>	
	14	7.17 ± 0.247 <sup>c</sup>	
	21	8.34 ± 0.247 <sup>d</sup>	
	28	9.01 ± 0.247 <sup>e</sup>	
	35	10.07 ± 0.247 <sup>f</sup>	
	42	11.10 ± 0.247 <sup>g</sup>	
	49	11.87 ± 0.247 <sup>h</sup>	
56	13.31 ± 0.247 <sup>i</sup>		
Interacciones			
Edad X Suplementación		0.668	
Edad X ciclo		0.016	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b,c,d,e,f,g,h,i, Promedios con letras diferentes son significativos

**Tabla 3-7.** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre el peso corporal (kg)

Variable	Peso corporal, kg	Probabilidad	
Raza	Criolla	8.06 ± 0.115 <sup>b</sup>	0.001
	Hampshire	8.93 ± 0.107 <sup>a</sup>	
Ciclo	Ciclo 1	8.30 ± 0.108	0.083
	Ciclo 2	8.81 ± 0.114	
Parto	Simple	8.58 ± 0.117	0.280
	Doble	8.48 ± 0.104	
Sexo	Macho	8.50 ± 0.107	0.4800
	Hembra	8.56 ± 0.114	
Suplementación	Control	8.77 ± 0.157 <sup>a</sup>	0.001
	Maíz	8.50 ± 0.160 <sup>b</sup>	
	Óxido de zinc	8.16 ± 0.154 <sup>c</sup>	
	Zinc Quelatado	8.75 ± 0.154 <sup>a</sup>	
Interacciones			
RazaX Suplementación		0.021	
CicloX Suplementación		0.027	
Partox Suplementación		0.048	
SexoX Suplementación		0.113	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b,c, Promedios con letras diferentes son significativos

El análisis de la interacción ciclo x edad sobre el peso corporal se observa en la tabla 3-8.

Los promedios muestran en el período de crecimiento evaluado (1- 56 días de edad) que

el ciclo 2 presenta un mejor comportamiento en peso corporal comparado con el ciclo 1, pero a los 14 y 21 días de edad, el comportamiento fue mejor para el ciclo 1.

**Tabla 3-8.** Interacción ciclo x edad sobre el peso corporal (kg)

EDAD	CICLO <sup>1/</sup>		PROMEDIO
	1	2	
1	4.07 ± 0.341 <sup>Ba2/</sup>	4.19 ± 0.357 <sup>Aa</sup>	4.13 ± 0.247
2	4.38 ± 0.341 <sup>Ba</sup>	4.62 ± 0.357 <sup>Aa</sup>	4.49 ± 0.247
7	5.51 ± 0.341 <sup>Bb</sup>	6.16 ± 0.360 <sup>Ab</sup>	5.81 ± 0.247
14	7.33 ± 0.341 <sup>Ac</sup>	6.97 ± 0.360 <sup>Bc</sup>	7.17 ± 0.247
21	8.58 ± 0.341 <sup>Ad</sup>	8.05 ± 0.360 <sup>Bd</sup>	8.34 ± 0.247
28	8.90 ± 0.341 <sup>Be</sup>	9.14 ± 0.360 <sup>Ae</sup>	9.01 ± 0.247
35	9.54 ± 0.341 <sup>Bf</sup>	10.70 ± 0.360 <sup>Af</sup>	10.07 ± 0.247
42	10.53 ± 0.341 <sup>Bg</sup>	11.77 ± 0.360 <sup>Ag</sup>	11.10 ± 0.247
49	11.24 ± 0.341 <sup>Bh</sup>	12.64 ± 0.360 <sup>Ah</sup>	11.87 ± 0.247
56	12.86 ± 0.341 <sup>Bi</sup>	13.84 ± 0.360 <sup>Ai</sup>	13.31 ± 0.247
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.30 ± 0.108</b>	<b>8.81 ± 0.114</b>	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos (p<0.05)

El análisis de la interacción ciclo x suplementación de zinc sobre el peso corporal se observa en la tabla 3-9. Los promedios muestran que el ciclo 2 presenta un mejor comportamiento en peso corporal comparado con el ciclo 1, pero con una respuesta mejor en peso corporal con la suplementación de zinc quelatado comparado con la suplementación con óxido de zinc (p<0.05).

**Tabla 3-9.** Interacción ciclo x suplementación sobre el peso corporal (kg)

SUPLEMENTACION	CICLO <sup>1/</sup>		PROMEDIO
	1	2	
Control	8.71 ± 0.231 <sup>Ba2/</sup>	8.83 ± 0.213 <sup>Ab</sup>	8.77 ± 0.157
Maiz	8.25 ± 0.237 <sup>Bb</sup>	8.72 ± 0.217 <sup>Ab</sup>	8.50 ± 0.160
Oxido de zinc	8.07 ± 0.202 <sup>Bc</sup>	8.29 ± 0.237 <sup>Ac</sup>	8.16 ± 0.154
Zinc quelatado	8.27 ± 0.199 <sup>Bb</sup>	9.59 ± 0.242 <sup>Aa</sup>	8.75 ± 0.154
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.30 ± 0.108</b>	<b>8.81 ± 0.114</b>	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos (p<0.05)

El análisis de la interacción raza x suplementación de zinc sobre el peso corporal se observa en la tabla 3-10. Los promedios muestran que la raza Hampshire presenta un mejor comportamiento en peso corporal comparado con la raza criolla, pero con una respuesta



mejor en peso corporal a la suplementación de zinc quelatado comparado con la suplementación con óxido de zinc ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 3-10.** Interacción raza x suplementación sobre el peso corporal (kg)

SUPLEMENTACION	RAZA <sup>1/</sup>		PROMEDIO
	Criollo	Hampshire	
Control	8.46 ± 0.231 <sup>Ba2/</sup>	9.08 ± 0.213 <sup>Aa</sup>	8.77 ± 0.157
Maiz	8.28 ± 0.252 <sup>Bb</sup>	8.69 ± 0.204 <sup>Ab</sup>	8.50 ± 0.160
Oxido de zinc	7.17 ± 0.225 <sup>Bc</sup>	8.87 ± 0.209 <sup>Ab</sup>	8.16 ± 0.154
Zinc quelatado	8.34 ± 0.207 <sup>Ba</sup>	9.10 ± 0.224 <sup>Aa</sup>	8.75 ± 0.154
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.30 ± 0.108</b>	<b>8.81 ± 0.114</b>	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos ( $p < 0.05$ )

El análisis de la interacción parto x suplementación de zinc sobre el peso corporal se observa en la tabla 3-11. Los promedios muestran que el parto simple presenta un mejor comportamiento en peso corporal comparado con el parto doble, pero con una respuesta mejor en peso corporal con la suplementación de zinc quelatado comparado con la suplementación con óxido de zinc ( $p < 0.05$ ). La mejor respuesta en peso corporal para el parto doble se obtuvo con el grupo control ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 3-11.** Interacción parto x suplementación sobre el peso corporal (kg)

SUPLEMENTACION	PARTO		PROMEDIO
	Simple <sup>1/</sup>	Doble	
Control	8.46 ± 0.202 <sup>Bc2/</sup>	9.23 ± 0.250 <sup>Aa</sup>	8.77 ± 0.157
Maiz	8.62 ± 0.235 <sup>Ab</sup>	8.36 ± 0.210 <sup>Bc</sup>	8.50 ± 0.160
Oxido de zinc	8.41 ± 0.220 <sup>Ac</sup>	7.91 ± 0.215 <sup>Bd</sup>	8.16 ± 0.154
Zinc quelatado	8.99 ± 0.296 <sup>Aa</sup>	8.61 ± 0.173 <sup>Bb</sup>	8.75 ± 0.154
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.58 ± 0.117</b>	<b>8.48 ± 0.104</b>	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos ( $p < 0.05$ )

Thomson *et al.* (2004); y Malková *et al.* (2021), informan que el tamaño de la camada por sí solo tiene un efecto directo sobre el peso corporal de los animales, y Thomson *et al.* (2004) reportan una diferencia promedio de 1kg por cada cordero adicional. En un modelo de rata, Epstein. (1978) demostró que la ganancia de peso de las crías disminuía a medida que aumentaba el número de crías de la camada. Por otra parte, Jafarpour *et al.* (2015), reportaron que la suplementación con Zinc-Metionina incrementa los niveles plasmáticos

de IGF-1, pero disminuyen linealmente las concentraciones de la hormona de crecimiento y que los IGF reflejan mejor el estatus del crecimiento del animal, que la hormona del crecimiento, Prasad desde 1973 (Prasad. 1973), había sugerido que la relación entre estas moléculas y el crecimiento es muy compleja y necesita más investigación.

### ▪ Tasa absoluta de crecimiento

El efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre la tasa absoluta de crecimiento (kg/d) se observa en la tabla 3-12. El análisis mostró que la raza, el ciclo, el sexo y la suplementación de zinc no afectaron la tasa absoluta de crecimiento, mientras que el efecto del parto mostró mayores valores en esta variable para el parto simple comparado con el parto doble (0.188 kg/d vs 0.149 kg/d). Las interacciones raza x suplementación, ciclo x suplementación, parto x suplementación y sexo x suplementación no presentaron diferencias ( $p > 0.05$ )

**Tabla 3-12.** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre la tasa absoluta de crecimiento (kg/d)

Variable		Tasa absoluta, kg/d <sup>1</sup>	Probabilidad
Raza	Criolla	0.165 ± 0.007	0.280
	Hampshire	0.171 ± 0.007	
Ciclo	Ciclo 1	0.165 ± 0.007	0.761
	Ciclo 2	0.171 ± 0.007	
Parto	Simple	0.188 ± 0.008 <sup>a</sup>	0.019
	Doble	0.149 ± 0.006 <sup>b</sup>	
Sexo	Macho	0.171 ± 0.007	0.410
	Hembra	0.166 ± 0.007	
Suplementación	Control	0.173 ± 0.010	0.417
	Maíz	0.165 ± 0.010	
	Óxido de zinc	0.156 ± 0.010	
	Zinc Quelatado	0.180 ± 0.010	
Interacciones			
	Raza X suplementación		0.394
	Ciclo X suplementación		0.747
	Parto X suplementación		0.279
	Sexo X suplementación		0.423

<sup>1</sup>/Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b, Promedios con letras diferentes son significativos

### ▪ Tasa relativa de crecimiento

El efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre la tasa relativa de crecimiento (kg/d) se observa en la tabla 3-13. El análisis mostró que la raza, el ciclo, el sexo y la suplementación de zinc no afectaron la tasa relativa de crecimiento,

mientras que el efecto del parto mostró mayores valores en esta variable para el parto simple comparado con el parto doble (4.78 %/56 días vs 3.76 %/56 días). La interacción raza x suplementación presentó una tendencia ( $p < 0.067$ ), mientras que las interacciones: ciclo x suplementación, parto x suplementación y sexo x suplementación no presentaron diferencias ( $p > 0.05$ )

**Tabla 3-13.** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre la tasa relativa de crecimiento (%/56 días)

Variable		Tasa relativa, %/56 días <sup>1</sup>	Probabilidad
<b>Raza</b>	Criolla	4.57 ± 0.189	0.486
	Hampshire	3.94 ± 0.176	
<b>Ciclo</b>	Ciclo 1	4.30 ± 0.181	0.361
	Ciclo 2	4.22 ± 0.186	
<b>Parto</b>	Simple	4.78 ± 0.198 <sup>a2/</sup>	0.038
	Doble	3.76 ± 0.169 <sup>b</sup>	
<b>Sexo</b>	Macho	4.24 ± 0.178	0.825
	Hembra	4.27 ± 0.187	
<b>Suplementación</b>	Control	4.50 ± 0.257	0.314
	Maíz	4.08 ± 0.262	
	Óxido de zinc	4.03 ± 0.257	
	Zinc Quelatado	4.50 ± 0.257	
<b>Interacciones</b>			
	Raza X suplementación		0.067
	Ciclo X suplementación		0.172
	Parto X suplementación		0.491
	Sexo X suplementación		0.568

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b, Promedios con letras diferentes son significativos

### ▪ Tasa instantánea de crecimiento

El efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre la tasa instantánea de crecimiento (G) se observa en la tabla 3-14. El análisis mostró que la raza, el ciclo, el sexo y la suplementación de zinc no afectaron la tasa instantánea de crecimiento, mientras que el efecto del parto mostró una tendencia ( $p < 0.081$ ). La interacción raza x suplementación presentó una tendencia ( $p < 0.074$ ), mientras que las interacciones: ciclo x suplementación, parto x suplementación y sexo x suplementación no presentaron diferencias ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 3-14.** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre la tasa instantánea de crecimiento (G)

Variable		Tasa instantanea, G <sup>1</sup>	Probabilidad
<b>Raza</b>	Criolla	0.022 ± 0.001	0.423
	Hampshire	0.020 ± 0.001	
<b>Ciclo</b>	Ciclo 1	0.021 ± 0.001	0.467
	Ciclo 2	0.021 ± 0.001	
<b>Parto</b>	Simple	0.023 ± 0.001	0.081
	Doble	0.020 ± 0.001	
<b>Sexo</b>	Macho	0.021 ± 0.001	0.898
	Hembra	0.021 ± 0.001	
<b>Suplementación</b>	Control	0.022 ± 0.001	0.479
	Maíz	0.021 ± 0.001	
	Óxido de zinc	0.021 ± 0.001	
	Zinc Quelatado	0.022 ± 0.001	
<b>Interacciones</b>			
	Raza X suplementación		0.074
	Ciclo X suplementación		0.382
	Parto X suplementación		0.612
	Sexo X suplementación		0.721

<sup>1</sup>Promedio ± error estándar

Una característica de la eimeriosis considerada como subclínica es la disminución en la ganancia de peso corporal de los animales durante el estudio. En este estudio se observó que la interacción de la raza y el ciclo con la suplementación de zinc presentaron diferencias significativas favoreciendo la raza Hampshire y con una respuesta mejor en esta variable a la suplementación de zinc quelatado comparado con el óxido de zinc. Igualmente, la suplementación favoreció a los partos simples cuando se suplementó Zinc quelatado. El análisis relativo del crecimiento a través de las variables: tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento y tasa instantánea de crecimiento no mostró efectos de la suplementación de zinc. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Alimohamady *et al.* (2019), donde se observó una mayor ganancia de peso corporal ante la suplementación de zinc

### 3.3.2.Excreción de ooquistes

Este es el primer estudio realizado en el Trópico de Altura Colombiano que aborda la dinámica de la excreción de ooquistes y el efecto de la suplementación de zinc sobre el control de la coccidiosis en consideración a que esta enfermedad afecta el crecimiento y algunas veces produce la muerte con consecuencias económicas estructurales en la cría

de ovinos (Chartier y Paraud. 2012). El estudio realizado en este capítulo representa una línea de base de la enfermedad para dos razas de importancia en la Ovinocultura Colombiana (Criolla y Hampshire).

La dinámica de excreción de ooquistes (OPG, Log10/g) y su interacción con la suplementación de zinc, la raza, el sexo y el ciclo se observan en la tabla 3-15. La dinámica muestra que la mayor excreción se observó a los días 42 y 56 de edad de los corderos, seguidas de los días 28 y 70 de edad y al día 14 de edad se observó la menor excreción de ooquistes ( $p < 0.05$ ). Esta dinámica mostró interacciones con la raza ( $p < 0.011$ ), el sexo ( $p < 0.048$ ) y el ciclo ( $p < 0.001$ ).

**Tabla 3-15** Dinámica de excreción de ooquistes (OPG, Log10/g) e interacciones con: suplementación, raza, sexo y ciclo

Variable		OPG, Log10/g <sup>1/</sup>	Probabilidad
<b>Edad</b>	14	1.425 ± 0.183 <sup>c</sup>	p<0.0001
	28	2.155 ± 0.183 <sup>b</sup>	
	42	3.150 ± 0.183 <sup>a</sup>	
	56	3.146 ± 0.183 <sup>a</sup>	
	70	2.293 ± 0.183 <sup>b</sup>	
<b>Interacciones</b>			
	Edad x suplementación		0.635
	Edad x raza		0.011
	Edad x sexo		0.048
	Edad x ciclo		0.001

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b,c Promedios con letras diferentes son significativos

La interacción edad x raza en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g) se observa en la tabla 3-16. El análisis muestra que la mayor excreción de los ooquistes se observó en la raza criolla a los 42 días de edad, mientras que en la raza Hampshire se presentó a los 56 días de edad. La persistencia de las expresiones fue mayor en la raza criolla comparada con la raza Hampshire a los 70 días de edad (2.639 vs 1.947,  $p < 0.05$ )

**Tabla 3-16** Interacción edad x raza en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g)

	RAZA	Criollo <sup>1/</sup>	Hampshire	Promedio
<b>EDAD</b>	14	0.715 ± 0.267 <sup>Db2/</sup>	2.315 ± 0.251 <sup>Ca</sup>	1.425 ± 0.183
	28	2.181 ± 0.267 <sup>Cb</sup>	2.849 ± 0.251 <sup>Ba</sup>	2.155 ± 0.183
	42	3.388 ± 0.267 <sup>Aa</sup>	2.912 ± 0.251 <sup>Bb</sup>	3.150 ± 0.183
	56	2.665 ± 0.267 <sup>Bb</sup>	3.627 ± 0.251 <sup>Aa</sup>	3.146 ± 0.183
	70	2.639 ± 0.267 <sup>Ba</sup>	1.947 ± 0.251 <sup>Db</sup>	2.293 ± 0.183
	<b>Promedio</b>	2.319 ± 0.119	2.694 ± 0.112	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos(p<0.05)

El pico de excreción de ooquistes fue diferente para ambas razas, siendo más alto y tardío en la raza Hampshire, lo cual está en desacuerdo con Reeg *et al.* (2005), quienes reportan que no hay diferencias entre razas; sin embargo, sí está de acuerdo a lo reportado por Kayari. (1988), quienes reportaron una mayor eliminación de ooquistes en la raza Anglonubiana. Según Reeg *et al.* (2005), puede haber una resistencia al parásito, pero es más a nivel de individuo que una característica de alguna raza, aunque los mismos autores señalan se requiere más investigación en este punto. Según Pout *et al.* (1966) en corderos destetos criados en pastoreo, hay un pico de excreción de ooquistes que se observa entre las semanas 8 a 12 de edad vida, con valores de 10<sup>5</sup> a 10<sup>6</sup> OPG con una disminución entre los 6 a 12 meses de vida (500 OPG). En Nueva Zelanda, corderos lactantes infectados naturalmente alcanzaron el primer pico entre los 22 a 33 días de edad (500000 OPG) y un segundo pico a los 45 días (250000 OPG), mientras entre los 150 y 170 días se observaron niveles bajos, cercanos a los 5000 OPG (Mason. 1977). Las diferencias observadas en el proceso de maduración de la enfermedad son el resultado del contacto de los corderos con las madres (ubres y pezones) y la posible ingestión de tierra durante la primera semana de vida. En condiciones de pastoreo el mayor desafío se situaría alrededor de la tercera semana de edad, pero en particular en este estudio los corderos fueron sometidos a pastoreo después de los 21 días de edad.

La interacción edad x sexo en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g) se observa en la tabla 3-17. El análisis muestra que las mayores excreciones de ooquistes se observaron en las hembras a los 42 y 56 días de edad. La persistencia de las excreciones fue mayor en las hembras comparadas con los machos a los 70 días de edad (1.9525 vs 2.559, p<0.05)

**Tabla 3-17.** Interacción edad x sexo en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g)

SEXO	Machos <sup>1/</sup>	Hembras	Promedio	
<b>EDAD</b>	14	1.211 ± 0.249 <sup>Db2/</sup>	1.604 ± 0.264 <sup>Da</sup>	1.425 ± 0.183
	28	2.888 ± 0.249 <sup>Ba</sup>	2.205 ± 0.264 <sup>Cb</sup>	2.155 ± 0.183
	42	2.960 ± 0.249 <sup>Ab</sup>	3.308 ± 0.264 <sup>Aa</sup>	3.150 ± 0.183
	56	2.894 ± 0.249 <sup>Ab</sup>	3.356 ± 0.264 <sup>Aa</sup>	3.146 ± 0.183
	70	1.925 ± 0.249 <sup>Cb</sup>	2.559 ± 0.264 <sup>Ba</sup>	2.293 ± 0.183
<b>Promedio</b>	2.376 ± 0.111	2.614 ± 0.118		

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos (p<0.05)

La interacción edad x ciclo en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g) se observa en la tabla 3-18. El análisis muestra que la mayor excreción de los ooquistes se observó en el primer ciclo a los 42 días de edad, mientras que en el segundo ciclo la mayor excreción se observó a los 56 días de edad. La persistencia de las excreciones fue mayor en el segundo ciclo comparado con el primer ciclo (3.028 vs 1.558, p<0.05)

Lo anterior evidencia la importancia del ambiente incluido el clima previo al nacimiento (Harvey *et al.* 2021). Al respecto, Gaulty *et al.* (2004) muestran que hay especies de *Eimeria* más precoces que otras, apareciendo en algunos casos la enfermedad a los 17 días de edad mientras en otros los ooquistes se observaron a los 44 días de edad.

**Tabla 3-18.** Interacción edad x ciclo en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g)

CICLO	1 <sup>1/</sup>	2	Promedio	
<b>EDAD</b>	14	2.186 ± 0.259 <sup>Ca2/</sup>	0.665 ± 0.259 <sup>Db</sup>	1.425 ± 0.183
	28	2.121 ± 0.259 <sup>Cb</sup>	2.909 ± 0.259 <sup>Ca</sup>	2.155 ± 0.183
	42	3.072 ± 0.259 <sup>Aa</sup>	3.228 ± 0.259 <sup>Bb</sup>	3.150 ± 0.183
	56	2.582 ± 0.259 <sup>Bb</sup>	3.710 ± 0.259 <sup>Aa</sup>	3.146 ± 0.183
	70	1.558 ± 0.259 <sup>Db</sup>	3.028 ± 0.259 <sup>Ca</sup>	2.293 ± 0.183
<b>Promedio</b>	2.304 ± 0.116	2.708 ± 0.116		

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos (p<0.05)

En cuanto a la influencia de los factores climáticos sobre la excreción de ooquistes es conocido que la excreción de ooquistes aumenta en períodos húmedos (De Souza *et al.* 2015 y Al-Neama *et al.* 2021). Otro factor importante es la sobrevivencia de los ooquistes, que pueden destruirse por la acción de los rayos gamma.

---

La excreción casi siempre fue menor en el ciclo 1, cuando los meses previos fueron muy y Al-Neama *et al.* (2021), secos y por consiguiente las pasturas tenían menos oferta que en el ciclo 2; de acuerdo con los hallazgos de Mason. (1977). Como se indicó previamente las diferencias en la excreción de ooquistes puede también deberse a la diferenciación en el comportamiento (espacio - tiempo) de diferentes especies de *Eimeria* (Catchpole *et al.* 1976; Catchpole y Gregory. 1985) y puede ser el producto de la reproducción del parásito y que el sistema inmune de los corderos Hampshire, durante el período del experimento, aún no había podido controlar la infección, a diferencia de los corderos Criollos

El análisis del segundo ciclo con respecto a la carga de ooquistes sugiere que estos están protegidos de la acción de los rayos solares que dificultan su esporulación y sobrevivencia (Al Neama *et al.* 2021; Bajwa *et al.* 1977; Carrau *et al.* 2018; De Souza *et al.* 2015; Makau *et al.* 2017). Al respecto, Peek *et al.* (2010) propone que los signos clínicos dependen del número de ooquistes esporulados ingeridos, los cuales a su vez dependen de la humedad porque muchos ooquistes se inactivan en estas condiciones. Además, temperaturas entre 0° y 5°C, retardan la esporulación y a temperaturas de congelamiento aumenta su mortalidad hasta 97% (Makau *et al.* 2017)

El efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre la excreción de ooquistes (OPG, Log 10/g) se observa en la tabla 3-19. El análisis mostró que las variables descritas no afectaron la excreción de ooquistes ( $p > 0.10$ ). Sin embargo, las interacciones raza x parto y sexo x parto presentaron diferencias ( $p < 0.024$  y  $p < 0.039$ , respectivamente). La interacción raza x parto en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g) se observa en la tabla 3-20. El análisis muestra que la mayor excreción de los ooquistes se observó en la raza Hampshire comparado con la raza criolla con partos dobles (2.663 vs 2.715,  $p < 0.05$ ). En contraste, en el caso de los partos simples se observó una mayor excreción en la raza criolla comparada con la Hampshire (2.476 vs 2.128,  $p < 0.05$ )

La interacción sexo x parto en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g) se observa en la tabla 3-21. El análisis muestra que la mayor excreción de los ooquistes se observó en las hembras con doble parto, mientras que este conteo fue también mayor en los machos comparado con un parto simple.



**Tabla 3-19.** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre la excreción de ooquistes (Log10/g)

Variable		OPG, Log10/g	Probabilidad
<b>Raza</b>	Criolla	2.319 ± 0.119	0.152
	Hampshire	2.694 ± 0.112	
<b>Ciclo</b>	Ciclo 1	2.304 ± 0.116	0.124
	Ciclo 2	2.708 ± 0.116	
<b>Parto</b>	Simple	2.556 ± 0.129	0.822
	Doble	2.460 ± 0.103	
<b>Sexo</b>	Macho	2.376 ± 0.111	0.122
	Hembra	2.614 ± 0.118	
<b>Suplementacion</b>	Control	2.356 ± 0.163	0.112
	Maíz	2.349 ± 0.162	
	Óxido de zinc	2.749 ± 0.163	
	Zinc Quelatado	2.533 ± 0.164	
<b>Interacciones</b>			
	Raza X suplementación		0.954
	Ciclo X suplementación		0.910
	Parto X suplementación		0.374
	Sexo X suplementación		0.274
	Raza X parto		0.024
	Sexo X parto		0.039

<sup>1</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos(p<0.05)

El análisis de la concentración de zinc en materia seca de las pasturas mostró un valor mayor a lo reportado por Rucker *et al.* (2008) (65 ppm, 15 ppm, 161,5 ppm vs 20-50 ppm., respectivamente). Sin embargo, la suplementación de diferentes fuentes de zinc no produjo un efecto sobre el conteo de OPG (P>0.10); que es el indicador de un ciclo de vida activo en el hospedero, es posible que se deba a una homeostasis en la concentración de zinc. Contrastando con el estudio realizado por Strnadová *et al.* (2011) que reportan una disminución de la excreción de ooquistes en cabras.

**Tabla 3-20.** Interacción raza x parto en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g)

RAZA	PARTO <sup>1/</sup>		Promedio
	Simple	Doble	
Criollo	2.476 ± 0.170 <sup>Ba2/</sup>	2.663 ± 0.198 <sup>Ab</sup>	2.319 ± 0.119
Hampshire	2.128 ± 0.165 <sup>Bb</sup>	2.715 ± 0.131 <sup>Aa</sup>	2.694 ± 0.112
<b>Promedio</b>	2.556 ± 0.129	2.460 ± 0.103	

<sup>1</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos(p<0.05)

El análisis de la concentración de zinc en materia seca de las pasturas mostró un valor mayor a lo reportado por Rucker *et al.* (2008) (65 ppm, 15 ppm, 161,5 ppm vs 20-50 ppm., respectivamente). Sin embargo, la suplementación de diferentes fuentes de zinc no produjo un efecto sobre el conteo de OPG ( $P > 0.10$ ); que es el indicador de un ciclo de vida activo en el hospedero, es posible que se deba a una homeostasis en la concentración de zinc. Contrastando con el estudio realizado por Strnadová *et al.* (2011) que reportan una disminución de la excreción de ooquistes en cabras.

**Tabla 3-21.** Interacción raza x parto en la excreción de ooquistes (OPG, Log10/g)

RAZA	PARTO <sup>1/</sup>		Promedio
	Simple	Doble	
Criollo	2.476 ± 0.170 <sup>Ba2/</sup>	2.663 ± 0.198 <sup>Ab</sup>	2.319 ± 0.119
Hampshire	2.128 ± 0.165 <sup>Bb</sup>	2.715 ± 0.131 <sup>Aa</sup>	2.694 ± 0.112
<b>Promedio</b>	2.556 ± 0.129	2.460 ± 0.103	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos ( $p < 0.05$ )

### 3.3.3. Consistencia de las heces

El efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre la consistencia de las heces se observa en la tabla 3-22. El análisis mostró que las variables descritas no afectaron la consistencia de las heces ( $p > 0.10$ ). Sin embargo, la interacción raza x suplementación fue diferente ( $p < 0.034$ ). La interacción raza x suplementación de zinc en la consistencia de las heces se observa en la tabla 3-22. El análisis muestra que las heces se localizaron entre el grado 1 y 2. Los mayores valores se observaron para la raza Hampshire cuando fueron suplementadas con óxido de zinc y zinc quelatado, mientras que en la raza criolla se observó en el grupo control.

López-Osorio *et al.* (2020) señalan que la infección subclínica es la manifestación más común, en contraste con otros estudios que establecen que la manifestación que más se asocia a la coccidiosis es la diarrea profusa (Carrau *et al.* 2016). Como se observa en el presente estudio se encontró que la mayoría de las infecciones fueron asintomáticas o subclínicas y para su valoración se utilizó la consistencia de las heces.

**Tabla 3-21.** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre la consistencia de las heces<sup>1/</sup>

Variable		Consistencia heces <sup>2/</sup>	Probabilidad
Raza	Criolla	1.242 ± 0.054	0.560
	Hampshire	1.285 ± 0.051	
Sexo	Macho	1.312 ± 0.050	0.183
	Hembra	1.214 ± 0.054	
Suplementación	Control	1.361 ± 0.074	0.401
	Maíz	1.260 ± 0.075	
	Óxido de zinc	1.247 ± 0.073	
	Zinc Quelatado	1.184 ± 0.074	
Interacciones			
Raza X Suplementación			0.034
Sexo X Suplementación			0.132
Sexo X Raza			0.666

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2/</sup> 1: Pellet duro, seco al tocar, 2: Pellet blando, húmedo al tocar, 3: Heces blandas, 4: Diarrea pastosa, 5: Diarrea acuosa

**Tabla 3-22** Interacción raza x suplementación en la consistencia de las heces

SUPLEMENTACIÓN CON ZINC	RAZA		Promedio
	Criollo <sup>1/</sup>	Hampshire	
Control	1.556 ± 0.107 <sup>Aa2/</sup>	1.167 ± 0.103 <sup>Bb</sup>	1.361 ± 0.074
Maíz	1.300 ± 0.101 <sup>Ba</sup>	1.220 ± 0.110 <sup>Ab</sup>	1.260 ± 0.075
Óxido de zinc	1.244 ± 0.094 <sup>Cb</sup>	1.250 ± 0.110 <sup>Aa</sup>	1.247 ± 0.073
Zinc Quelatado	1.150 ± 0.101 <sup>Db</sup>	1.219 ± 0.107 <sup>Aa</sup>	1.184 ± 0.074
<b>Promedio</b>	<b>1.242 ± 0.054</b>	<b>1.285 ± 0.051</b>	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2/</sup> 1: Pellet duro, seco al tocar, 2: Pellet blando, húmedo al tocar, 3: Heces blandas, 4: Diarrea pastosa, 5: Diarrea acuosa

### 3.4. Conclusiones

En este trabajo, al igual que en otros los corderos hijos de madres suplementadas no presentaron la frecuencia de diarrea que ha sido informada por varios autores en bovinos y cerdos, en los que se ha comprobado que el zinc que aumenta la resiliencia de los animales frente a la patología, al aumentar el reemplazo de proteínas de uniones estrechas de la mucosa. En los animales estudiados la diarrea no siempre se asoció a las manifestaciones, aún en conteos de ooquistes altos y como lo describen Mohammed *et al.* (2020), y Gregory *et al.* (1989), pueden existir factores ambientales como temperatura, humedad y concentración de oxígeno que limiten el desarrollo de los ooquistes en el ambiente, por lo

que influyen en la presencia de las dosis infectantes de ooquistes, aunque una vez esporulados pueden resistir en el ambiente por meses o años.

En el modelo GLIMMIX la única asociación se presentó cuando se analizó la intersección de las variables raza, ciclo y tipo de parto del cordero. Los datos obtenidos en el estudio del CIDTEO sugerirían que se produce una curva de crecimiento logístico (Gotelli. 1998), sin embargo, para poder aclarar la dinámica se deben establecer unos tiempos más cortos entre los muestreos, estos tiempos se tomaron con base en datos previos existentes en la granja.

Y además situaciones de inmunosupresión por estrés, por ejemplo, el destete, pueden ocasionar recaídas, lo cual está de acuerdo con lo reportado por diferentes autores (Berriatua *et al.* 1994, Berriatua *et al.* 1995; Chartier y Paraud. 2012), lo que demuestra la persistencia del parásito

La suplementación con ninguna de las formas de zinc protegió contra la infección, pero si hubo protección contra manifestaciones severas de la enfermedad. La raza Criolla fue más resiliente que la Hampshire porque presentó menos frecuencia de heces blandas y menor número de permanencia de esta condición. Esto se debe posiblemente a que el zinc mejora el grosor de la mucosa

En cuanto a la otra manifestación que es la disminución de la ganancia no se pudo hacer un análisis de los datos por la incertidumbre de los datos, aunque se observó una tendencia a presentar disminución asociada a la eliminación de los ooquistes.

### **3.5. Recomendaciones**

Se recomienda hacer un análisis de la dinámica a nivel de especie, principalmente a las consideras más patógenas. Por ejemplo, para aclarar si hay persistencia (como es el caso de *E. ovina*), como sucede en otros coccidios como *Toxoplasma*, y se reactive frente a situaciones de inmunodepresión, o por el contrario, se trata de reinfecciones.

Para la disminución de la ganancia de peso asociada a la eliminación de ooquistes sería importante hacer un diseño experimental en que haya puntos de muestreo cada semana para las dos variables.

### 3.6. Bibliografía

- 1 Al-Neama, R. T., Brown, K. J., Brown, K. J. y Blake, D. P. (2021). Determinants of *Eimeria* and *Campylobacter* infection dynamics in UK domestic sheep. The role of coinfection. *Parasitology*, 148 (5), 623-629. Doi: 10.1017/S00311829210000.44.
- 2 Alimohamady. R., Hassan, A., Bruckmaier R. M., y Christensen, R. G. (2019). Effect of Different Sources of Supplemental Zinc on Performance, Nutrient Digestibility, and Antioxidant Enzyme Activities in Lambs. *Biological Trace Element Research*, 189, 75–84. Doi: 10.1007/s12011-018-1448-1.
- 3 Alowanou, G. G., Adennilé, A. D., Akouedegni, G. C., Bossou, A. C., Zinsou, F. T., Akakpo, G., A., Kifouly, H. A., Rinalde, L., Von Samson-Himmelstjerna, G., Cringoli, G., y Hounzangbé-Adoté, S. (2021). A comparison of Mini-FLOTAC and McMaster techniques in detecting gastrointestinal parasites in West Africa Dwarf sheep and goats and crossbreed rabbits. *Journal of Applied Animal Research*, 49:1, 30-38, Doi: [10.1080/09712119.2021.1876703](https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1876703).
- 4 Alzieu, J. P., Mage, C., Maes, L., y de Mûelenaere, C. (1999). Economic benefits of prophylaxis with diclazuril against subclinical coccidiosis in lambs reared indoors. *The Veterinary record*, 144(16), 442–444.
- 5 AOAC (1996). Minerals in animal feed and pet food. AOAC Official Methods. 968.08-1969(1996).
- 6 Bajwa, R. S., y Gill, B. S. (1977), Effect of irradiation (gamma rays) on the biology of *Eimeria tenella* oocysts. *Abbales de Recherches Veterinaires.*, 8, 181-186.
- 7 Berriatua, E., Green, L. E., y Morgan, K. L. (1994). A descriptive epidemiological study of coccidiosis in early lambing housed flocks. *Veterinary parasitology*, 54(4), 337–351. Doi: [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90001-9).
- 8 Berriatua, E., Gibson, W. C., y Morgan, K. L. (1995). Development of DNA probes for the ovine *Eimeria* species *E. crandallis* and *E. ovinoidalis*. *Parasitology research*, 81(3), 222–229. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00937113>.
- 9 Blood, D. C., y Radostits, O. M. (1989). *Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses*. Bailliere Tindall. Oxford ed., Gran Bretaña.1502 pp.
- 10 Carrau, T., Silva, L., Pérez, D., Failing, K., Martínez-Carrasco, C., Macías, J., Taubert, A., Hermosilla, C., y de Ybañez, R. R. (2018). Associated risk factors influencing ovine

- 
- Eimeria* infections in southern Spain. *Veterinary Parasitology*, 263-54-58. Doi: [doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.10.004](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.10.004).
- 11 Catchpole, J., y Gregory, M. W. (1985). Pathogenicity of the coccidium *Eimeria crandallis* in laboratory lambs. *Parasitology*, 91 (Pt 1), 45–52. Doi: <https://doi.org/10.1017/s003118200005650x>.
  - 12 Catchpole, J., Norton, C.C., Joyner, L.P. (1976). Experiments with defined multispecific coccidial infections lambs. *Parasitology* 72: 137-147.
  - 13 Chartier, C., y Paraud, C. (2012). Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Ruminant Research*, 103, 84-92. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.10.022>.
  - 14 De Macedo, L. O., Bezerra-Santos, M. A., de Mendonça, C. L., Alves, L. C., Ramos, R., y de Carvalho, G. A. (2020). Prevalence and risk factors associated with infection by *Eimeria* spp. in goats and sheep in Northeastern Brazil. *Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 44(3), 607–612. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01235-3>.
  - 15 De Souza, L. E., da Cruz, J. F., Teixeira Neto, M. R., Albuquerque, G. R., Melo, A. D., y Tapia, D. M. (2015). Epidemiology of *Eimeria* infections in sheep raised extensively in a semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 24(4), 410–415. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612015070>.
  - 16 Epstein, H.T. 1978. The effect of litter size on weight gain in mice. *J Nutr.* 108(1):120-3, doi: 10.1093/jn/108.1.120.
  - 17 Fernandez-Cruz, E., Alecsandru, D., Ramón, S.S., (2009). Mechanisms of action of immune globulin. *Clinical and Experimental Immunology*. 157, 1 –2. Doi: [10.1111/j.1365-2249.2009.03955.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2249.2009.03955.x).
  - 18 Gauly, M., Reeg, J., Bauer, C., y Erhardt, G. (2004). Influence of production systems on the *Eimeria* oocyst output and weight gain. *Small Ruminant Research*, 55: 159-167. Doi: [doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.02.001](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.02.001).
  - 19 Gotelli N.A (2001) *A primer of Ecology*. Third edition. Sinauer associates
  - 20 Gregory, M. W., Catchpole, J., Joyner, L. P., y Parker, B. N. (1983). Observations on the epidemiology of coccidial infections in sheep under varying conditions of intensive husbandry including chemoprophylaxis with monensin. *Parasitology*, 87 (Pt 3), 421–427. Doi: 10.1017/s0031182000082949.

- 
- 21 Gregory, M.W., Catchpole, J., Joyner, L.P., Maund, B.A. (1989). Epidemiology of ovine coccidiosis: effect of management at lambing. *Veterinary Record* 124, 561-562.
  - 22 Harvey, K. M., Cooke, R. F., Colombo, E. A., Rett, B., de Sousa, O. A., Harvey, L. M., Russell, J. R., Pohler, K. G., y Brandão, A. P. (2021). Supplementing organic-complexed or inorganic Co, Cu, Mn, and Zn to beef cows during gestation: physiological and productive response of cows and their offspring until weaning. *Journal of Animal science*, 99(5), Doi: 10.1093/jas/skab095.
  - 23 Hidalgo Benítez, P. Cadena ovino caprina. Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas. (2020). Disponible en: <https://farmtable.com.au/build/dry-matter-intakes-for-various-classes-of-stock/>.
  - 24 Jacobson, C., Bell, K., Forshaw, D., Besier, B. (2009). Association between nematode larvae and “low worm egg count diarrhoea” in Western Australia. *Veterinary Parasitology* 165:66-73.
  - 25 Jafarpour, N., Khorvash, M., Rahmani, H.R., Pezeshki, A., Hosseini, M. 2015. Dose-responses of zinc-methionine supplements on growth, blood metabolites and gastrointestinal development in sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 99(4): 668-675.
  - 26 Khodakaram-Tafti A, Hashemnia, M. (2017). An overview of intestinal coccidiosis in sheep and goats. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 168(1-3), 9-20.
  - 27 Lima, J.D., (2004). Coccidiose dos ruminantes domésticos. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 13, 9 –13.
  - 28 López-Osorio, S., Chaparro-Gutiérrez, J. J., y Gómez-Osorio, L.M. (2020). Overview of Poultry *Eimeria* Life Cycle and Host-Parasite Interactions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. Doi: DOI=10.3389/fvets.2020.00384.
  - 29 Makau, D. N., Gitau, G. K., Muchemi, G. V., Thomas, L. F., Cook, E. A. J., Wardrop, N. A., Fevre, G. M., y de Glanville, W. A. (2017). Environmental predictors of bovine *Eimeria* infection in western Kenya. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 409 – 416. Doi: 10.1007/111250-016-1209-0.
  - 30 Mason, P. (1977). Naturally acquired Coccidia infection in lambs in Otago. *New Zealand Veterinary Journal*, 25(1-2), 30–33. Doi: <https://doi.org/10.1080/00480169.1977.34345>.
  - 31 Maqbool, I., Wani, Z. A., Shahardar, R. A., Allaie, I. M., & Shah, M. M. (2017). Integrated parasite management with special reference to gastro-intestinal nematodes. *Journal of parasitic diseases official organ of the Indian Society for Parasitology*, 41(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s12639-016-0765-6>.

- 
- 32 Martins, N. S., Motta, S. P., Santos, C. C., Moreira, A. S., Farias, N. A. R. y Ruas, J. L. (2020). *Eimeria* spp., infection in lambs from southern Brazil. *Pesquisa Veterinary Brasileira*, 40 (11), 871-874. Doi: 10.1590/1678-5150-PVB-6745.
- 33 McDougald, L.R. (1979). Attempted cross-transmission of coccidian between sheep and goats and description of *Eimeria ovinoidalis* sp. *Journal of Eukariotic Microbiology* 26. 109—113.
- 34 Meradi, S., y Bentounsi, B. (2021). Lamb's *Eimeria* infections raised in a steppic region and their impacts on clinical indicators (FAMACHA© and Disco). *Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 45(3), 599–605. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01336-z>.
- 35 Mohammed, R. A., Idris, O. A., El Sanousi, S. M., & Abdelsalam, E. B. (2000). The effect of coccidian infection on the gut microflora of nubian goat kids. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 107(10), 414-416.
- 36 Overbeck, S., Rink, L., Haase, H., (2008). Modulating the immune response by oral zinc supplementation: a single approach for multiple diseases. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*. 56, 15 – 30. Doi: doi.org/10.1007/s00005-008-0003-8.
- 37 Pastrana-Bonilla, R., y Calderón, O. C. (1996). El ovino criollo colombiano. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO1999001802>.
- 38 Peek, H. W., & Landman, W. J. (2003). Resistance to anticoccidial drugs of Dutch avian *Eimeria* spp. field isolates originating from 1996, 1999 and 2001. *Avian pathology: journal of the W.V.P.A*, 32(4), 391–401. Doi: <https://doi.org/10.1080/0307945031000121149>.
- 39 Pettersson, E, Sjölund, M., Wallgren, T., Lind, E. O., Höglund, J. y Wallgren, P. (2021). Management practices related to the control of gastrointestinal parasites on Swedish pig farms. *Porcine Health Management*, 7(1), 12. Doi: <https://doi.org/10.1086/s40813-021-00193-3>.
- 40 Pout, D.D. (1973). Coccidiosis of lambs. I. Observations on the Naturally Acquired Infection. *British Veterinary Journal*. 129(6), 555-567.
- 41 Pout, D.D., Ostler, D.C., Joyner, L.P., Norton, C.C. (1966) The coccidial population in clinically normal sheep. *Veterinary Record*.
- 42 Prasad, A.S. (1973). Efficacy of Zinc supplementation on growth and IGF-1 in prepubertal children with idiopathic short statures and low serum zinc levels.



- 
- 43 Prasad, A.S. (2008). Zinc: mechanisms of host defense: effect of zinc on immune cells. *Molecular medicine* (Cambridge, Mass.), 14(5-6), 353–357. <https://doi.org/10.2119/2008-00033.Prasad>.
- 44 Primary Industries and Regions South Australia. Calculating Dry Matter Intakes for various Classes of Stock. Consultado 18 de mayo 2013. Disponible en [https://pir.sa.gov.au/data/assets/pdf\\_file/0007/272869/Calculating\\_dry\\_matter\\_intake\\_s.pdf](https://pir.sa.gov.au/data/assets/pdf_file/0007/272869/Calculating_dry_matter_intake_s.pdf).
- 45 Reeg KL, Gaulty M, Bauer C, Mertens C, Erhardt G, Zahner H. (2005). Coccidial Infection in housed lambs: oocyst excretion, antibody levels and the genetic influence on the infection. *Veterinary Parasitology*, 127: 209-219. DOI:[10.1016/j.vetpar.2004.10.018](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.10.018).
- 46 Ricker, W.E. (1979) Growth rates and models. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R., Eds., *Fish Physiology*, III, Bioenergetics and Growth, Academic Press, New York, 677-743.
- 47 Rucker, R. B., Fascetti, A. J. y Keen, C. L. (2008) Trace Minerals. En: Kaneko, J. J., Harvey, J. W. y Bruss, M. L. (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. (pags. 663-693). Academic Press. [Doi:10.1016/B978-0-12-370491-7.00022-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.00022-2).
- 48 Saratsis, A., Joachim, A., Alexandros, S., & Sotiraki, S. (2011). Lamb coccidiosis dynamics in different dairy production systems. *Veterinary parasitology*, 181(2-4), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.04.027>.
- 49 Souza, L. E.B., Cruz, J. F., Neto, M. R. T., Albuquerque, G. R., Melo, A. D.B., y Tapia, D. M.T. (2015). Epidemiology of *Eimeria* infections in sheep raised extensively in a semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 24(4), 410-415. Doi: 10.1590/S1984-29612015070.
- 50 Stewart, W.C., Scasta, J.D., Taylor J.B., Murphy, T.W., Julian, A.A.M. (2021). Mineral nutrition considerations for extensive sheep production systems.
- 51 Strnadová, P., Svobodová, V., Pavlata, L., Misurová, L., y Dvorak, R. (2011). Effect of inorganic and organic Zinc supplementation on coccidial infection in goat kids. *Acta Veterinaria Brno*, 80,131-137; doi:10.2754/avb201180020131.
- 52 Taylor, M. A. (1995). Diagnosis control coccidiosis in sheep. *In Practice*, 17, 172-177.
- 53 Thamsborg, S. M., Roepstorff, A., y Larsen, M. (1999). Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Veterinary Parasitology*, 84(3-4), 169–186. Doi: [doi.org/10.1016/s0304-4017\(99\)00035-7](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(99)00035-7).

- 54 Thomson, B.C., Muir, P.D., Smith, N.B. 2004. Litter size, lamb survival, birth and twelve week weight in cross-bred ewes. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 66:233-237.
- 55 Tomczuk, K., Grzybek, M., Szczepaniak, K., Studzińska, M., Demkowska-Kutrzepa, M., Roczeń-Karczmarz, M., & Klockiewicz, M. (2015). Analysis of intrinsic and extrinsic factors influencing the dynamics of bovine *Eimeria* spp. from central-eastern Poland. *Veterinary Parasitology*, 214(1-2), 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.09.027>.
- 56 Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, A.M., Jennings, F.W., (1996). *Veterinary Parasitology*. Blackwell Science, Oxford, U.K. 307p.

## **4. Capítulo 4. Efecto de la suplementación con Zinc sobre medidas lineales de corderos lactantes en condiciones de Trópico de Altura Colombiano**

### **4.1. Introducción**

El reconocimiento de la distinción entre la resistencia a la infección en términos del número de parásitos, en palabras de Bishop (2012), es la capacidad del animal a ejercer control sobre el ciclo de vida del patógeno y la resistencia al impacto de la infección en términos de la enfermedad desarrollada en el hospedero (Ross. 1932; Bishop. 2012), es tomada como base para desarrollar el concepto de resiliencia a la enfermedad (Bisset y Morris. 1996, Sánchez-Molano *et al.* 2020), la que es definida por Riffkin y Dobson. (1979) como la habilidad del ovino a enfrentar el efecto patogénico de la infección por el parásito y puede ser entendida como la capacidad para mantener una alta productividad, cuando se presenta la infección en el sistema de producción (Berghof *et al.* 2019; Bishop. 2012). En este sentido, el estrés ambiental biótico implica una respuesta de la arquitectura del animal asociada funcionalmente a la competencia inmunológica, el comportamiento y la morfología del animal (Colditz. 2008)

El conocimiento adecuado del peso corporal orienta las metas de expresión fisiológica de los animales y se asocia con el estatus sanitario y económico de los individuos. A partir del conocimiento del peso corporal de las ovejas se extienden importantes decisiones relacionadas con el mejoramiento, la correcta alimentación y la salud de los animales (Balan *et al.* 2020; Slippers *et al.* 2000; Underwood *et al.* 2015). Diferentes parámetros morfológicos se derivan de la elaboración de la funcionalidad del animal aparte del peso corporal como son: la longitud corporal, la altura a la cruz, la circunferencia torácica, entre otras. Las medidas corporales en los animales domésticos reflejan el perfil corporal, su estatus estructural y de desarrollo, las condiciones funcionales, el comportamiento en producción, la resistencia enfermedades y la adaptabilidad a condiciones del entorno (Liu *et al.* 1998).

La estimación del peso corporal en ovejas se ha realizado mediante la utilización de medidas corporales como: la altura de la cruz, la circunferencia torácica y la longitud

---

corporal (Chen *et al.* 2008; Mavule *et al.* 2013; Paolo *et al.* 2014). Otras aplicaciones de las medidas corporales hacen relación a la evaluación del comportamiento en crecimiento mediante: la circunferencia torácica y la longitud corporal (De Villiers *et al.* 2009) y para estimar el número de corderos con las medidas: circunferencia torácica y altura de la cruz (Chen *et al.* 2009). De otra parte, en condiciones prácticas, el costo de balanzas estándar especializadas utilizadas para medir con precisión el peso corporal sobrepasa en la mayoría de las situaciones, la disponibilidad presupuestal de pequeños y medianos productores para adquirir este tipo de equipamiento (Mahieu. 2011).

El objetivo de este capítulo fue evaluar los efectos de la suplementación con zinc sobre las medidas lineales: longitud, circunferencia torácica, circunferencia abdominal y altura a la cruz de corderos lactantes y el potencial de estas medidas en la predicción del peso corporal de las razas criollo y Hampshire en el contexto del estudio de caracterización de coccidiosis en el Trópico de Altura Colombiano

## **4.2. Materiales y métodos**

El área de estudio, la concentración de zinc en el forraje y en la suplementación estratégica, el manejo de la producción durante la lactancia y la conformación de los grupos experimentales se reporta en el capítulo 3. Después del nacimiento, los corderos se mantuvieron con sus madres en corrales por 48 horas y después se transfirieron al potrero. Las crías estuvieron con las madres hasta las ocho semanas de edad durante el período de la lactancia.

84 corderos recién nacidos (42 criollos y 42 Hampshire) fueron identificados y pesados, pero de esta población inicial finalizaron el ciclo de lactancia 82 corderos (40 criollos y 42 Hampshire) como se observa en la tabla 4-1. Los corderos fueron pesados durante la lactancia a los 1, 2, 7, 14, 21, 28, 35, 49 y 56 días de edad

**Tabla 4-1.** Conformación de los grupos experimentales durante la lactancia. Número de corderos de hembras Criollas y Hampshire sometidas a cuatro diferentes tratamientos experimentales y clasificados por tipo de parto durante 56 días de lactancia

Tratamiento	Raza	Parto simple (n)	Parto doble (n)	Total
<b>Control</b>	Criollo	7	2	9
	Hampshire	3	7	10
	Total	10	9	19
<b>Excipiente (Maíz)</b>	Criollo	5	3	8
	Hampshire	2	10	12
	Total	7	13	20
<b>Óxido</b>	Criollo	1	11	12
	Hampshire	5	6	11
	Total	6	17	23
<b>Quelariado</b>	Criollo	5	6	11
	Hampshire	3	6	9
	Total	8	12	20
<b>TOTAL</b>		31	51	82

Las medidas y peso corporales de los corderos se registraron e incluyeron la longitud (L), altura a la cruz (A), perímetro torácico (Pt) y perímetro abdominal (Pa). L fue medido desde el punto del hombro hasta la punta del tubérculo psiquiátrico, A como la distancia desde la base del casco hasta el punto más alto de la cruz, Pt como la medida de circunferencia del cuerpo alrededor del corazón justo detrás de la articulación del codo y Pa como la circunferencia del cuerpo alrededor de la panza. El peso corporal (W) se estimó con un valor cercano a 100 g y fue reportado en el capítulo 3.

#### 4.2.1. Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.2. utilizando el procedimiento GLIMMIX. Los análisis de varianza fueron llevados a cabo de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \kappa_m + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\kappa)_{im} + (\beta\kappa)_{jm} + (\alpha\beta\kappa)_{ijm} + \varepsilon_{ijklmn} + \rho_l + (\rho\alpha)_{ij} + \rho_n + (\alpha\rho)_{in} + (\beta\rho)_{mn} + (\alpha\beta\rho)_{ijn} + \varepsilon_{ijklmn}$$

En donde:

$Y$  = longitud (L), altura a la cruz (A), perímetro torácico (Pt) y perímetro abdominal (Pa)

$i$  = 1, 2 (a = número de niveles factor A o raza)

$j$  = 1, 2 (b = número niveles factor B o ciclo)

$k=1, 2$  ( $c$ = número niveles factor C o parto)

$l= 1, 2$  ( $d$ = número niveles factor D o sexo)

$m= 1, 2, 3, 4$  ( $e$ = número niveles factor D o tratamiento)

$\mu$ : Promedio de la respuesta general

$\mu$ : Promedio de la respuesta general

$\alpha_i$ : Efecto del factor A asignado a las razas

$\beta_j$ : Efecto del factor B asignado al ciclo

$\gamma_k$ : Efecto del factor C asignado al parto

$\delta_l$ : Efecto del factor D asignado al sexo

$\kappa_m$ : Efecto del factor E asignado a los tratamientos

$(\alpha\beta)_{ij}$ : Efecto de la interacción raza-ciclo

$(\alpha\kappa)_{im}$ : Efecto de la interacción raza-tratamiento

$(\beta\kappa)_{jm}$ : Efecto de la interacción ciclo-tratamiento

$\varepsilon_{ijklm}$ : Error experimental asociado a los efectos entre réplicas

$\rho_n$ : Efecto de los días de edad

$(\alpha\rho)_{in}$ : Efecto de la interacción raza –día

$(\beta\rho)_{jn}$ : Efecto de la interacción ciclo –día

$(\beta\rho)_{mn}$ : Efecto de la interacción tratamiento -día

$\varepsilon_{ijklmn}$  Error experimental asociado a los efectos dentro de cada réplica en los días descritos.

Los métodos utilizados para detectar en la regresión múltiple fueron: stepwise, backward y forward. El método de eliminación de Backward y adición de Forward realizan procesos de ensayo- error para encontrar el mejor modelo de regresión. El método de adición de Forward es similar al modelo de Stepwise en la medida que construye el modelo de regresión comenzando con una única variable independiente mientras que el modelo de eliminación de Backward comienzan con una ecuación de regresión que incluye las variables independientes y las va eliminando cuando estas no contribuyen significativamente a la predicción. La distinción primaria entre el método de stepwise y los otros dos modelos se centran en la habilidad para adicionar o eliminar variables en cada estado. Una vez las variables son adicionadas o eliminadas en los modelos de adición o

eliminación, la acción no puede ser revertida al estado anterior. En consecuencia, la habilidad del método de stepwise para adicionar y eliminar variables es preferido en la mayoría de las investigaciones (Hair *et al.* 2009)

Para estimar la colinealidad se utilizaron: el valor de tolerancia ( $T=1/r_{ii}$ ) (Gill. 1986) y el factor de inflación de varianza (VIF) (Marquardt. 1970) ( $VIF = 1/(1-r_{ii}^2)$ ), donde  $r_{ii}$  es un elemento diagonal de la matriz inversa de correlación. La tolerancia es una medida directa de la multicolinealidad la cual es definida como la cantidad de variabilidad de la variable independiente seleccionada que no se explicarán por otras variables independientes. Entre mayor sea el valor de tolerancia, menor será el valor de VIF y se observará una no-colinealidad. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SAS 9.2 (2010).

#### **4.2.2. Aprobación ética**

El proyecto fue aprobado según acta 04 del 12 de junio de 2013, para dar cumplimiento a la legislación colombiana con respecto al manejo de animales de experimentación. En este caso los procedimientos eran mínimamente invasivos.

### **4.3. Resultados**

La dinámica del crecimiento de la longitud de los corderos durante los 56 días de edad se observa en la tabla 4-2. Mientras en los días 1 y 2 post- nacimiento no se observaron diferencias, a partir del día 7 de edad hasta el día 35 de edad el crecimiento presentó una tendencia exponencial significativa ( $p < 0.001$ ); sin embargo, a los días 42, 49 y 56 de edad no se observaron diferencias sobre esta medida lineal ( $p > 0.05$ ). La interacción edad x ciclo fue significativa ( $p < 0.001$ ).

**Tabla 4-2.** Dinámica del crecimiento de la longitud de los corderos durante el estudio e interacciones con la suplementación y el ciclo

Variable	Longitud, cm <sup>1/</sup>	Probabilidad
1	27.86 ± 0.611 a <sup>2/</sup>	
2	28.71 ± 0.572 a	
7	32.66 ± 0.636 b	
14	38.58 ± 0.640 c	
21	41.04 ± 0.560 d	p<0.0001
28	42.76 ± 0.548 d	
35	45.51 ± 0.545 e	
42	49.06 ± 0.552 f	
49	49.79 ± 0.552 f	
56	50.78 ± 0.552 f	
Interacciones		
Edad X Suplementación		0.558
Edad X ciclo		0.011

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b,c,d,e,f,, Promedios con letras diferentes son significativos(p<0.05)

El análisis de la interacción edad x ciclo sobre la longitud corporal se observa en la tabla 4-3. Los promedios muestran en el período de crecimiento evaluado (1- 56 días de edad) que el ciclo 2 presenta un mejor comportamiento en el tiempo de la medida longitud, pero a los 35, 42, 49 y 56 de edad, el comportamiento fue similar al ciclo 1.

**Tabla 4-3.** Interacción ciclo x edad sobre la longitud corporal (cm) de corderos lactantes

EDAD	CICLO <sup>1/</sup>		PROMEDIO
	1	2	
1	26.7 ± 0.88 Ba <sup>2/</sup>	29.1 ± 0.84 Aa	27.8 ± 0.61
2	28.1 ± 0.82 Ba	29.3 ± 0.79 Aa	28.7 ± 0.57
7	30.4 ± 1.02 Bb	34.9 ± 0.76 Ab	32.6 ± 0.63
14	38.5 ± 1.03 Ac	38.5 ± 0.79 Ac	38.5 ± 0.64
21	39.9 ± 0.81 Bd	42.1 ± 0.77 Ad	41.0 ± 0.56
28	42.1 ± 0.77 Be	43.3 ± 0.77 Ae	42.7 ± 0.54
35	45.5 ± 0.77 Af	45.4 ± 0.76 Af	45.5 ± 0.54
42	49.1 ± 0.78 Ag	49.1 ± 0.78 Ag	49.0 ± 0.55
49	50.3 ± 0.77 Ah	49.1 ± 0.78 Ah	49.7 ± 0.55
56	51.6 ± 0.77 Ai	50.1 ± 0.78 Ai	50.7 ± 0.55
<b>PROMEDIO</b>	<b>40.2 ± 0.27</b>	<b>41.1 ± 0.21</b>	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos(p<0.05)

Los efectos de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre la longitud se observan en la tabla 4-4. La raza no presentó diferencias en la longitud (p<0.383). El ciclo de producción presentó diferencias en la longitud favoreciendo el ciclo 2 (p<0.05). El parto presentó diferencias significativas a favor del parto simple (41.1vs 40.3, p<0.047),



mientras que el sexo no presentó diferencias ( $p < 0.795$ ). El análisis de la suplementación de fuentes de zinc mostró diferencias en la longitud corporal, con observaciones mayores en esta variable para el tratamiento control y el zinc quelatado comparado con los otros tratamientos ( $p < 0.05$ ). Las interacciones: raza x parto no fue significativa ( $p < 0.559$ )

**Tabla 4-4** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre la longitud corporal (cm) de corderos lactantes

Variable		Longitud, cm	Probabilidad
<b>Raza</b>	Criolla	40.5 ± 0.26	0.383
	Hampshire	40.8 ± 0.26	
<b>Ciclo</b>	Ciclo 1	40.2 ± 0.27	0.029
	Ciclo 2	41.1 ± 0.21	
<b>Parto</b>	Simple	41.1 ± 0.28	0.047
	Doble	40.3 ± 0.25	
<b>Sexo</b>	Macho	40.6 ± 0.25	0.795
	Hembra	40.7 ± 0.27	
<b>Suplementación</b>	Control	41.4 ± 0.37 <sup>a</sup>	0.006
	Maíz	40.1 ± 0.40 <sup>b</sup>	
	Óxido de zinc	39.9 ± 0.35 <sup>c</sup>	
	Zinc Quelatado	41.2 ± 0.40 <sup>a</sup>	
Interacciones			
Raza x parto			0.559

<sup>1</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b,c, Promedios con letras diferentes son significativos ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b,c, Promedios con letras diferentes son significativos ( $p < 0.05$ )

La dinámica del crecimiento de la altura a la cruz de los corderos durante los 56 días de edad se observa en la tabla 4-5. Mientras en los días 1 y 2 post-nacimiento no se observaron diferencias, durante los días 7 y 14 de edad se observaron diferencias ( $p < 0.05$ ). A los días 21, 28, 35 y 42 de edad no se observaron diferencias en esta variable y a los días 42 y 49 de edad se observaron diferencias en la altura a la cruz y con valores similares a los 49 y 56 días de edad ( $p > 0.05$ ). La interacción edad x ciclo presentó una tendencia ( $p < 0.057$ ).

**Tabla 4-5.** Dinámica del crecimiento de la altura a la cruz de los corderos durante el estudio e interacciones con la suplementación y el ciclo

Variable	Altura a la cruz, cm <sup>1/</sup>	Probabilidad
1	36.1 ± 0.61 <sup>a2/</sup>	
2	37.4 ± 0.57 <sup>a</sup>	
7	39.4 ± 0.64 <sup>b</sup>	
14	42.9 ± 0.64 <sup>c</sup>	
21	44.1 ± 0.56 <sup>cd</sup>	
<b>Edad</b>		p<0.0001
28	45.2 ± 0.55 <sup>d</sup>	
35	45.5 ± 0.54 <sup>d</sup>	
42	47.4 ± 0.55 <sup>de</sup>	
49	49.4 ± 0.55 <sup>ef</sup>	
56	50.7 ± 0.55 <sup>f</sup>	
<b>Interacciones</b>		
	Edad x Suplementación	0.458
	Edad x ciclo	0.057

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2/</sup> a,b,c,d,e,f,, Promedios con letras diferentes son significativos (p<0.05)

Los efectos de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre la altura a la cruz observan en la tabla 4-6. La raza presentó diferencias en esta variable siendo mayor en la raza Hampshire comparada con la raza criolla (p<0.027). El ciclo de producción presentó diferencias en la altura a la cruz favoreciendo el ciclo 2 (p<0.05). El parto presentó una tendencia (p<0.08), mientras que en el sexo y la altura a la cruz fue mayor en machos comparado con hembras (p<0.002). El análisis de la suplementación de fuentes de zinc no mostró diferencias en la altura de la cruz (p<0.115). Las interacciones: ciclo x edad no fue significativa y presentó una tendencia (p<0.057)

**Tabla 4-6** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre la altura a la cruz (cm) de corderos lactantes

Variable		Altura a la cruz, cm <sup>1/</sup>	Probabilidad
<b>Raza</b>	Criolla	43.4 ± 0.26 <sup>b</sup>	0.027
	Hampshire	44.2 ± 0.26 <sup>a</sup>	
<b>Ciclo</b>	Ciclo 1	43.4 ± 0.27 <sup>b</sup>	0.017
	Ciclo 2	44.3 ± 0.25 <sup>a</sup>	
<b>Parto</b>	Simple	44.1 ± 0.28	0.080
	Doble	43.5 ± 0.25	
<b>Sexo</b>	Macho	44.4 ± 0.25 <sup>a</sup>	0.002
	Hembra	43.2 ± 0.27 <sup>b</sup>	
<b>Suplementación</b>	Control	43.9 ± 0.38	0.115
	Maíz	43.4 ± 0.40	
	Óxido de zinc	43.4 ± 0.35	
	Zinc Quelatado	44.6 ± 0.40	
<b>Interacciones</b>			
	Ciclo x Edad		0.057

La dinámica del crecimiento del perímetro torácico de los corderos durante los 56 días de edad se observa en la tabla 4-7. Mientras en los días 1 y 2 post- nacimiento no se observaron diferencias, durante los días 7, 14 y 21 de edad se observaron diferencias en el perímetro torácico ( $p < 0.05$ ). A los días 21, 28, 35 de edad no se observaron diferencias en esta variable y a los días 42 y 49 de edad tampoco se observaron diferencias en esta variable. Los valores fueron similares a los 49 y 56 días de edad ( $p > 0.05$ ). La interacción edad x ciclo fue significativa, mientras la interacción edad x suplementación no fue significativa ( $p < 0.458$ ).

**Tabla 4-7.** Dinámica del crecimiento del perímetro torácico de los corderos durante el estudio e interacciones con la suplementación y el ciclo

Variable		Perímetro torácico, cm <sup>1/</sup>	Probabilidad
<b>Edad</b>	1	34.8 ± 0.66 <sup>a2/</sup>	p < 0.0001
	2	36.5 ± 0.62 <sup>a</sup>	
	7	38.8 ± 0.69 <sup>b</sup>	
	14	41.6 ± 0.69 <sup>c</sup>	
	21	44.8 ± 0.61 <sup>d</sup>	
	28	45.8 ± 0.59 <sup>de</sup>	
	35	46.1 ± 0.59 <sup>de</sup>	
	42	47.2 ± 0.59 <sup>e</sup>	
	49	48.3 ± 0.60 <sup>ef</sup>	
	56	50.1 ± 0.60 <sup>f</sup>	
<b>Interacciones</b>			
	Edad x Suplementación		0.458
	Edad x ciclo		0.001

<sup>1/</sup>Promedio  $\pm$  error estándar

<sup>2/</sup> a,b,c,d,e,f,, Promedios con letras diferentes son significativos( $p < 0.05$ )

El análisis de la interacción edad x ciclo sobre el perímetro torácico se observa en la tabla 4-8. Los promedios muestran en el período de crecimiento evaluado (1- 56 días de edad) que el ciclo 2 presenta un mejor comportamiento en el tiempo en esta medida corporal ( $p < 0.05$ ).

Los efectos de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre el perímetro torácico se observan en la tabla 4-9. La raza presentó diferencias en esta variable, siendo mayor en la raza Hampshire comparada con la raza criolla ( $p < 0.001$ ). El ciclo de producción presentó diferencias en el perímetro torácico favoreciendo el ciclo 1 ( $p < 0.0001$ ). El parto y el sexo no presentaron diferencias en esta medida corporal ( $p < 0.125$ ,  $p < 0.103$ , respectivamente). El análisis de la suplementación de fuentes de zinc mostró diferencias en el perímetro torácico, con un mayor valor para el tratamiento con zinc quelatado comparado con los otros grupos de suplementación ( $p < 0.05$ ). La interacción raza x parto fue significativa ( $p < 0.001$ )

**Tabla 4-8.** Interacción ciclo x edad sobre el perímetro torácico (cm) de corderos lactantes

EDAD	CICLO1/		PROMEDIO
	1	2	
1	35.5 $\pm$ 0.96 <sup>Aa2/</sup>	34.2 $\pm$ 0.91 <sup>Ba</sup>	34.8 $\pm$ 0.66
2	37.6 $\pm$ 0.89 <sup>Aa</sup>	35.4 $\pm$ 0.86 <sup>Ba</sup>	36.5 $\pm$ 0.62
7	39.5 $\pm$ 1.00 <sup>Ab</sup>	38.2 $\pm$ 0.83 <sup>Bb</sup>	38.8 $\pm$ 0.69
14	44.4 $\pm$ 1.09 <sup>Ac</sup>	38.8 $\pm$ 0.85 <sup>Bc</sup>	41.6 $\pm$ 0.69
21	45.5 $\pm$ 0.89 <sup>Ad</sup>	44.1 $\pm$ 0.83 <sup>Bd</sup>	44.8 $\pm$ 0.61
28	48.4 $\pm$ 0.84 <sup>Ae</sup>	43.2 $\pm$ 0.84 <sup>Be</sup>	45.8 $\pm$ 0.59
35	48.6 $\pm$ 0.84 <sup>Af</sup>	43.7 $\pm$ 0.83 <sup>Bf</sup>	46.1 $\pm$ 0.59
42	50.2 $\pm$ 0.84 <sup>Ag</sup>	44.2 $\pm$ 0.85 <sup>Bg</sup>	47.2 $\pm$ 0.59
49	52.9 $\pm$ 0.84 <sup>Ah</sup>	43.7 $\pm$ 0.85 <sup>Bh</sup>	48.3 $\pm$ 0.60
56	54.8 $\pm$ 0.84 <sup>Ai</sup>	45.4 $\pm$ 0.85 <sup>Bi</sup>	50.1 $\pm$ 0.60
<b>PROMEDIO</b>	45.7 $\pm$ 0.30	41.1 $\pm$ 0.27	

<sup>1/</sup>Promedio  $\pm$  error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos( $p < 0.05$ )

**Tabla 4-9.** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre el perímetro torácico (cm) de corderos lactantes

Variable		Perímetro torácico, cm <sup>1/</sup>	Probabilidad
<b>Raza</b>	Criolla	42.3 ± 0.29 <sup>b</sup>	0.001
	Hampshire	44.4 ± 0.29 <sup>a</sup>	
<b>Ciclo</b>	Ciclo 1	45.7 ± 0.30 <sup>a</sup>	0.001
	Ciclo 2	41.1 ± 0.28 <sup>b</sup>	
<b>Parto</b>	Simple	43.7 ± 0.31	0.125
	Doble	43.1 ± 0.27	
<b>Sexo</b>	Macho	43.7 ± 0.28	0.103
	Hembra	43.1 ± 0.30	
<b>Suplementación</b>	Control	43.7 ± 0.41 <sup>b</sup>	0.030
	Maíz	42.7 ± 0.44 <sup>b</sup>	
	Óxido de zinc	42.9 ± 0.38 <sup>b</sup>	
	Zinc Quelatado	44.3 ± 0.44 <sup>a</sup>	
Interacciones			
Raza x Parto			0.001

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> a,b, Promedios con letras diferentes son significativos( $p < 0.05$ )

El análisis de la interacción raza x parto observa en la tabla 4-10 y mostró un perímetro torácico mayor en la raza Hampshire independiente del tipo de parto de la hembra ( $p < 0.05$ )

**Tabla 4-10.** Interacción raza x parto en el perímetro torácico (cm) de corderos lactantes

RAZA	PARTO <sup>1/</sup>		PROMEDIO
	Simple	Doble	
Criollo	43.5 ± 0.42 Ab2/	41.3 ± 0.45Bb	42.3 ± 0.29
Hampshire	44.1 ± 0.45 Aa	44.9 ± 0.36Aa	44.4 ± 0.29
<b>Promedio</b>	43.7 ± 0.31	43.1 ± 0.27	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos( $p < 0.05$ )

La dinámica del crecimiento del perímetro abdominal de los corderos durante los 56 días de edad se observa en la tabla 4-11. Mientras en los días 1 y 2 post- nacimiento no se observaron diferencias, durante los días 7, 14 y 21 de edad se observaron diferencias en esta medida corporal ( $p < 0.05$ ). A los días 21, 28, 35 de edad no se observaron diferencias y a los días 42 y 49 de edad tampoco se observaron diferencias en el perímetro abdominal. Los valores fueron similares a los 49 y 56 días de edad ( $p > 0.05$ ). La interacción edad x ciclo fue significativa ( $p < 0.007$ ), mientras la interacción edad x suplementación no fue significativa ( $p < 0.488$ ).

El análisis de la interacción edad x ciclo sobre el perímetro abdominal se observa en la tabla 4-12. Los promedios muestran en el período de crecimiento evaluado (1- 56 días de edad) que el ciclo 1 presentó un mejor comportamiento en el tiempo en esta medida corporal ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 4-11.** Dinámica del crecimiento del perímetro abdominal de los corderos durante el estudio e interacciones con la suplementación y el ciclo

Variable	Perímetro abdominal, cm <sup>1/</sup>	Probabilidad
Edad	1	32.4 ± 0.84 <sup>a2/</sup>
	2	33.9 ± 0.78 <sup>a</sup>
	7	36.5 ± 0.87 <sup>b</sup>
	14	39.7 ± 0.87 <sup>c</sup>
	21	42.2 ± 0.76 <sup>d</sup>
	28	43.9 ± 0.75 <sup>de</sup>
	35	44.5 ± 0.74 <sup>de</sup>
	42	45.8 ± 0.75 <sup>e</sup>
	49	48.2 ± 0.75 <sup>ef</sup>
	56	51.2 ± 0.75 <sup>f</sup>
<b>Interacciones</b>		
Edad x Suplementación		0.488
Edad x ciclo		0.007

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2/</sup> a,b,c,d,e,f,, Promedios con letras diferentes son significativos ( $p < 0.05$ )

**Tabla 4-12.** Interacción ciclo x edad sobre el perímetro abdominal (cm) de corderos lactantes

EDAD	CICLO <sup>1/</sup>		PROMEDIO
	1	2	
1	34.2 ± 1.21 <sup>Aa2/</sup>	30.7 ± 1.15 <sup>Ba</sup>	32.4 ± 0.84
2	36.7 ± 1.12 <sup>Ab</sup>	31.1 ± 1.09 <sup>Ba</sup>	33.9 ± 0.78
7	38.9 ± 1.40 <sup>Ac</sup>	34.1 ± 1.05 <sup>Bb</sup>	36.5 ± 0.87
14	44.0 ± 1.37 <sup>Ad</sup>	35.5 ± 1.08 <sup>Bb</sup>	39.7 ± 0.87
21	44.9 ± 1.12 <sup>Ad</sup>	39.5 ± 1.05 <sup>Bc</sup>	42.2 ± 0.76
28	48.6 ± 1.06 <sup>Ae</sup>	39.2 ± 1.06 <sup>Bc</sup>	43.9 ± 0.75
35	48.7 ± 1.06 <sup>Ae</sup>	40.4 ± 1.05 <sup>Bc</sup>	44.5 ± 0.74
42	49.6 ± 1.06 <sup>Ae</sup>	42.1 ± 1.07 <sup>Bd</sup>	45.8 ± 0.75
49	53.1 ± 1.06 <sup>Af</sup>	43.4 ± 1.07 <sup>Bd</sup>	48.2 ± 0.75
56	56.9 ± 1.06 <sup>Ag</sup>	45.4 ± 1.07 <sup>Be</sup>	51.2 ± 0.75
<b>PROMEDIO</b>	45.9 ± 0.37	38.1 ± 0.35	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2/</sup> a,b,c,d,e,f,, Promedios con letras diferentes son significativos ( $p < 0.05$ )

Los efectos de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de zinc sobre el perímetro abdominal se observan en la tabla 4-13. La raza presentó diferencias en esta

variable, siendo mayor en la raza Hampshire comparada con la raza Criolla ( $p < 0.001$ ). El ciclo de producción presentó diferencias en el perímetro abdominal favoreciendo el ciclo 1 ( $p < 0.001$ ). El parto y el sexo no presentaron diferencias en esta medida corporal ( $p < 0.115$ ,  $p < 0.059$ , respectivamente). El análisis de la suplementación de fuentes de zinc no mostró diferencias en el perímetro abdominal ( $p < 0.178$ ). La interacción raza x parto fue significativa ( $p < 0.005$ )

**Tabla 4-13** Efecto de la raza, el ciclo, el parto, el sexo y la suplementación de Zinc sobre el perímetro abdominal (cm) de corderos lactantes

Variable		Perímetro abdominal, cm <sup>1/</sup>	Probabilidad
<b>Raza</b>	Criolla	40.3 ± 0.36 <sup>b</sup>	0.001
	Hampshire	43.4 ± 0.36 <sup>a</sup>	
<b>Ciclo</b>	Ciclo 1	45.6 ± 0.38 <sup>a</sup>	0.001
	Ciclo 2	38.2 ± 0.35 <sup>b</sup>	
<b>Parto</b>	Simple	42.3 ± 0.39	0.115
	Doble	41.4 ± 0.34	
<b>Sexo</b>	Macho	42.3 ± 0.35	0.059
	Hembra	41.4 ± 0.37	
<b>Suplementación</b>	Control	41.9 ± 0.52	0.178
	Maíz	41.2 ± 0.55	
	Óxido de zinc	41.5 ± 0.48	
	Zinc Quelatado	42.8 ± 0.55	
<b>Interacciones</b>			
	Raza x Parto		0.005

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2/</sup> a,b, Promedios con letras diferentes son significativos ( $p < 0.05$ )

El análisis de la interacción raza x parto observa en la tabla 4-14 y mostró un perímetro abdominal mayor en la raza Hampshire independiente del tipo de parto de la hembra ( $p < 0.05$ )

**Tabla 4-14** Interacción raza x parto en el perímetro abdominal (cm) de corderos lactantes

RAZA	PARTO <sup>1/</sup>		PROMEDIO
	SIMPLE	DOBLE	
Criollo	41.5 ± 0.54 <sup>Ab2/</sup>	39.1 ± 0.56 <sup>Bb</sup>	40.3 ± 0.36
Hampshire	43.1 ± 0.57 <sup>Aa</sup>	43.8 ± 0.45 <sup>Aa</sup>	43.4 ± 0.36
<b>Promedio</b>	42.3 ± 0.39	41.4 ± 0.34	

<sup>1/</sup>Promedio ± error estándar

<sup>2/</sup> Promedios con letras mayúsculas diferentes entre columnas y letras minúsculas diferentes entre filas son significativos ( $p < 0.05$ )

### 4.3.1. Estimación del peso corporal de la raza Criollo

#### ▪ Método Stepwise

Los resultados para el procedimiento de inclusión de variables (Stepwise) en la predicción del peso corporal (PC) a partir de medidas corporales, el cual consiste en elaborar sucesivas ecuaciones de regresión en que se van añadiendo una regresor muestra para la correlación simple, la inclusión de la variable longitud (L), con un coeficiente de determinación de  $R^2:0.618$  y una significancia tanto el intercepto como de la pendiente ( $p<0.001$ ).

Modelo 1,  $PC = - 3.938 + 0.295L$ , RSD:2.12,  $R^2:0.618$ , n:360

(0.511) (0.012)

\*\*\*

\*\*\*

El análisis de multicolinealidad entre las variables explicativas cuando existe algún tipo de dependencia lineal entre ellas (fuerte correlación) define los valores de tolerancia. El análisis para la correlación múltiple de los regresores de variables excluidas en este método muestra para el modelo 1 tolerancias de 0.476, 0.483 y 0.577 para las variables A, Pt y Pa, respectivamente. El grado de aumento de la varianza estimada por el factor de inflación de la varianza (VIF), recíproco de la tolerancia muestra para los anteriores variables valores de: 2.10, 2.07 y 1.733, respectivamente.

Modelo 2,  $PC = - 7.667 + 0.198 L + 0.175 A$ , RSD:2.00,  $R^2:0.658$ , n:360

(0.753) (0.019) (0.027)

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

El modelo 2 desarrollado incluyó adicionalmente la variable altura a la cruz (A) aumentando el coeficiente de determinación ( $R^2:0.618$  vs  $R^2:0.658$ ) y una significancia tanto del intercepto como de las variables L y A ( $p<0.001$ ). En este modelo, las variables excluidas fueron Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.452 y 0.563, respectivamente. Los valores VIF para estas dos variables fueron: 2.210 y 1.775, respectivamente

#### ▪ Método Backward

El procedimiento hacia atrás (Backward) incluye inicialmente todas las variables del modelo y, elimina regresores progresivamente a partir de menor a mayor contribución específica a



la predicción. El modelo 1 incluye todas las variables en la predicción del peso corporal de la raza criollo con un coeficiente de determinación de  $R^2:0.661$  y una significancia tanto del intercepto como las variables L y A ( $p<0.001$ ), pero no para las variables Pt y Pa ( $p>0.05$ ).

Modelo 1,  $PC = - 7.909 + 0.187 L + 0.162 A + 0.022 Pt + 0.009 Pa$ , RSD:2.00,  $R^2:0.661$ , n:360

(0.811)	(0.021)	(0.029)	(0.031)	(0.023)
***	***	***	ns	ns

El modelo 2 desarrollado por el método incluyó todas las anteriores variables, pero en este caso solamente fueron significativos el intercepto y la variable L ( $p<0.001$ ). Los coeficientes de determinación para el modelo 1 y 2 fueron  $R^2:0.661$  y  $R^2:0.660$ , respectivamente.

Modelo 2,  $PC = - 7.989 + 0.186 L + 0.164 A + 0.031 Pt$ , RSD:2.00,  $R^2:0.660$ , n:360

(0.782)	(0.021)	(0.028)	(0.021)
***	***	ns	ns

En este modelo, la variable Pa fue excluida con un valor de tolerancia de: 0.238 y un valor VIF de 4.204

El modelo 3 desarrollado por el método incluyó las variables L y A, las cuales fueron significativas con el intercepto ( $p<0.001$ ). El coeficiente de determinación para este modelo fue de  $R^2:0.658$

Modelo 3,  $PC = - 7.667 + 0.198L + 0.175 A$ , RSD:2.00,  $R^2:0.658$ , n:360

(0.753)	(0.019)	(0.027)
***	***	***

En este modelo, las variables excluidas fueron Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.451 y 0.530, respectivamente. Los valores VIF para estas dos variables fueron: 2.219 y 1.889, respectivamente

### ▪ Método Forward

Los resultados para el procedimiento hacia delante (Forward) incluye las variables según su importancia y es equivalente al método Stepwise. En consecuencia, el modelo 1 incluyó el intercepto y la variable L con resultados significativos ( $p<0.001$ ) para coeficiente de determinación de:  $R^2:0.618$

$$\text{Modelo 1, PC} = - 3.938 + 0.295 L \quad \text{RSD:2.12, R}^2\text{:0.618, n:360}$$

$$\begin{array}{ccc} (0.511) & (0.012) & \\ \text{***} & \text{***} & \end{array}$$

En este modelo, las variables excluidas fueron A, Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.375, 0.486 y 0.591, respectivamente. Los valores VIF para estas tres variables fueron: 2.665, 2.056 y 1.693, respectivamente

El modelo 2 incluyó adicionalmente la variable A con resultados significativos ( $p < 0.001$ ) y un coeficiente de determinación de  $R^2:0.658$

$$\text{Modelo 2, PC} = - 7.667 + 0.198 L + 0.175 A, \text{RSD:2.00, R}^2\text{:0.658, n:360}$$

$$\begin{array}{ccc} (0.753) & (0.019) & (0.175) \\ \text{***} & \text{***} & \text{***} \end{array}$$

En este modelo, las variables excluidas fueron Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.451 y 0.530, respectivamente. Los valores VIF para estas dos variables fueron: 2.219 y 1.889, respectivamente.

### 4.3.2. Estimación del peso corporal de la raza Hampshire

- **Método Stepwise**

El procedimiento inclusión de variables (Stepwise) en la predicción del peso corporal (PC) a partir de medidas corporales en la raza Hampshire mostró para la correlación simple, la inclusión de la variable longitud (L), con un coeficiente de determinación de  $R^2:0.547$  y una significancia tanto el intercepto como de la pendiente ( $p < 0.001$ ).

$$\text{Modelo 1, PC} = - 2.803 + 0.289L, \text{RSD:2.52, R}^2\text{:0.547, n:380}$$

$$\begin{array}{cc} (0.577) & (0.014) \\ \text{***} & \text{***} \end{array}$$

En este modelo, las variables excluidas fueron A, Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.476, 0.483 y 0.577, respectivamente. Los valores VIF para estas tres variables fueron: 2.100, 2.070 y 1.733, respectivamente

El modelo 2 desarrollado incluyó adicionalmente la variable altura a la cruz (A) aumentando el coeficiente de determinación ( $R^2:0.547$  vs  $R^2:0.558$ ) y una significancia tanto del intercepto como de las variables L ( $p < 0.001$ ) y A ( $p < 0.01$ ). En este modelo, las variables excluidas fueron Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.452 y 0.563, respectivamente. Los valores VIF para estas dos variables fueron: 2.210 y 1.775, respectivamente

Modelo 2, PC= - 4.580 + 0.247 L + 0.079 A, RSD:2.50, R<sup>2</sup>:0.558, n:380

(0.825) (0.019) (0.026)

\*\*\*            \*\*\*            \*\*

### • Método Backward

El procedimiento backward mostró en el modelo 1 la inclusión de todas las variables en la predicción del peso corporal de la raza Hampshire con un coeficiente de determinación de R<sup>2</sup>:0.564 y una significancia tanto del intercepto como de las variables L y A (p<0.001) y Pa (p<0.05), pero no para las variables Pt que mostró una tendencia (p>0.08). Como se observa este modelo no excluyó ninguna de las variables.

Modelo 1, PC= - 4.276 + 0.243 L + 0.083 A - 0.061 Pt + 0.056 Pa, RSD:2.48, R<sup>2</sup>:0.564, n:380

(0.892) (0.022) (0.027) (0.035) (0.024)

\*\*\*            \*\*\*            \*\*\*            +            \*

### • Método Forward

El análisis de los resultados del modelo 1 por el método forward mostró un coeficiente de determinación de R<sup>2</sup>:0.547 y una significancia tanto del intercepto como de la variable L (p<0.001).

El análisis de los resultados del modelo 1 por el método forward mostró un coeficiente de determinación de R<sup>2</sup>:0.547 y una significancia tanto del intercepto como de la variable L (p<0.001).

Modelo 1, PC= - 2.803 + 0.289 L, RSD:2.52, R<sup>2</sup>:0.547, n:380

(0.577) (0.014)

\*\*\*            \*\*\*

En este modelo, las variables excluidas fueron A, Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.476, 0.483 y 0.577, respectivamente. Los valores VIF para estas tres variables fueron: 2.100, 2.070 y 1.733, respectivamente

Para el modelo 2, este método incluyó la altura a la cruz (A) siendo el intercepto, la longitud y la altura a la cruz significativos ( $p < 0.01$ ). El coeficiente de determinación para este modelo fue  $R^2: 0.558$

$$\text{Modelo 2, PC} = - 4.580 + 0.247 L + 0.079 A, \text{ RSD: } 2.50, R^2: 0.558, n: 380$$

$$\begin{array}{ccc} (0.825) & (0.019) & (0.026) \\ *** & *** & ** \end{array}$$

En este modelo, las variables excluidas fueron Pt y Pa con valores de tolerancia de: 0.452 y 0.563, respectivamente. Los valores VIF para estas dos variables fueron: 2.210 y 1.775, respectivamente

#### 4.4. Discusión

En este trabajo se desarrollaron ecuaciones de predicción del peso corporal con medidas lineales mediante GLMM, el método de regresión lineal es común para establecer ecuaciones de predicción del peso corporal, basados en medidas lineales (Kumar *et al.* 2018; Temoso *et al.* 2017; Worku. 2019) y en algunos la aproximación ha sido con modelos de regresión no lineales.

En los animales estudiados las medidas que tuvieron más asociación fueron: longitud corporal (L), alzada (A) y perímetro abdominal (PA). Estos datos concuerdan parcialmente con Macedo-Barragán *et al.* (2021), quienes obtuvieron una asociación del 85% con la longitud corporal (LC) pero, a diferencia del hallazgo en Marengo, en el que el perímetro torácico no se asoció con el peso, para estos autores si hubo una correlación alta del peso con el perímetro torácico (PT), además de un buen ajuste. Otros estudios también han informado que el PT es la mejor variable predictora (Atta y El Khidir. 2004; Nsoso *et al.* 2013; Olatunji-Akioye y Adeyemo. 2009).

En el análisis la longitud corporal (L) mostró una dinámica diferente en los dos ciclos desde el nacimiento hasta el día 28, los animales del ciclo 2 tenían una mayor longitud (L) que los del ciclo 1, pero entre los días 35 a 56 no hubo diferencias. Igualmente, para este ciclo tuvieron un mejor desempeño los del ciclo 2 y los de parto sencillo. Este encuentro coincide con lo reportado por Olatunji-Akioye y Adeyemo. 2009). Sin embargo, no lo relacionan con ninguna otra medida corporal.

Con respecto a la variable sexo se vieron favorecidos los machos, esto es que la altura a la cruz es mayor en los machos, lo que significa que hay un dimorfismo sexual, con respecto a esta variable

La variación en la ganancia de peso, en los corderos puede estar ligada no solo a la disponibilidad en cantidad y calidad del forraje, sino también puede afectarse por condiciones climáticas *per se*, especialmente se ha investigado sobre el efecto de la temperatura y la ingesta de agua durante la estación seca (Aganga *et al.* 1988) y de la presencia de enfermedades (Bela y Hayle. 2009). Se ha encontrado en diferentes ecosistemas una fuerte asociación entre los períodos húmedos en los que el peso de ovejas y cabras se ve favorecido y la disminución durante el período seco (Kronsberg y Malechek. 1997; Steinhein *et al.* 2004; Weladji *et al.* 2002).

En estudios de series de tiempo las variables climáticas que tuvieron un efecto mayor en el peso corporal fueron la temperatura y la humedad. La estocasticidad climática puede influir en el crecimiento corporal de los herbívoros por el efecto sobre la cantidad y la calidad del forraje (Sand *et al.* 1996; Weladji *et al.* 2002), sin embargo, como se observa en los resultados de este estudio puede variar de una estación a otra, de acuerdo a la variación de los recursos (Saether y Heim. 1993).

## 4.5. Conclusiones

La longitud de los corderos mostró diferencias significativas desde el día 7 al 35, con una tendencia exponencial, así mismo la interacción edad x ciclo fue significativa para la variable.

La longitud se vio favorecida en el ciclo 2, y las diferencias fueron significativas, al igual que el parto simple. En cuanto a la suplementación las observaciones mayores fueron para el tratamiento control y el zinc quelatado.

Al igual que lo observado para la longitud, la dinámica del crecimiento de la altura a la cruz, en estas las diferencias fueron significativas entre los días 21 y 42.

El ciclo tuvo diferencias a la altura de la cruz y esta se vio favorecida en el ciclo 2. Como era de esperarse los machos tuvieron valores mayores que las hembras, al hacer las interacciones ciclo x edad estas no fueron significativas.

El perímetro torácico tuvo una relación positiva desde el día 7 al 21, para esta variable la interacción edad x ciclo fue significativa. Esta variable se vio favorecida en el ciclo 1.

Al analizar la suplementación se observó que con el zinc quelatado se obtuvieron diferencias significativas al compararlo con los otros grupos y la interacción raza x parto.

Similar a lo descrito anteriormente el perímetro abdominal mostró diferencias significativas desde el día 7 al 21. Esta medida presentó un mejor comportamiento en el ciclo 1. La interacción raza x parto si mostró una diferencia significativa.

Las medidas que se analizaron en los modelos fueron la longitud y la altura a la cruz y estas medidas, la primera se relacionó con el tipo de parto y el ciclo, así como la interacción edad X ciclo.

Cada uno de los tres métodos recomendó, en ambas razas un buen modelo predictivo

Sobre la altura a la cruz influyeron el sexo y la raza

## 4.6. Bibliografía

- 1 Aganga, A. A., Umunsa, D. N., Oyedipe, E. O., y Okoli, P. N. (1988). Seasonal variations in water requirement and influence of intermittent watering on grazing Yanbasa sheep. *Small Ruminant Research*, 1(4), 381-386. Doi: 10.1016/0921-4488(88)90063-6.
- 2 Atta, O., y El Khidir, A. (2004). Use of heart girth, wither height and scapuloischial length for prediction of liveweight of Nilotic sheep. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 232-237.
- 3 Balan, P., Staincliffe, M., y Moughan, R. J. (2020). Dietary supplementation with ovine serum immunoglobulin modulate correlations between mucin, microbiota and immunity proteins in the growing rat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104, 758-766. Doi: 10.1111/jpr.13319.
- 4 Bela, B., y Haile, A. (2009). Factors affecting growth performance of sheep under village management conditions in the south western part of Ethiopia livestock. *Research for Rural development*. 21 (11). Artículo 189. <http://www.lrrd.org/lrrd21/11/bela21189.htm>.
- 5 Berghof, T. M., Poppe, M., y Molder, H. A. (2019). Opportunities to improve resilience in animal breeding programs. *Frontiers in Genetics*, 9, artículo 692.
- 6 Bishop, S. L. (2012). A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode infections. *Frontiers in Genetics*, 3, 168. Doi: 10.3389/fgene.2012.00168.

- 
- 7 Bisset, S. A., y Morris, C. A. (1996). Feasibility and implications of breeding sheep for resilience to nematode challenge. *International Journal for Parasitology*, 26, 857–868.
  - 8 Chen, Y.J., Zhao, Z.Q., Zhang, J.Y., *et al.* (2009). Path analysis about litter sizes to body weight and body size in the primiparous Dazu black ewes. *Proceedings of the Tenth Conference of the Chinese Academy of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*.
  - 9 Chen, Y.J., Zhao, Z-j., Zhao, Z-g., Zhang, J-h., Li, Z-g., Cheng, L., Wang, X-h., Wang, J-g. (2008). Research on path analysis and optimum regression mode between body weight and body size in the adult Dazu black goats. *Grass-feeding Livestock*, 140, 71 –74.
  - 10 Colditz, I. G. (2008). The costs of immune responses. In 'Resource allocation theory applied to farm animal production'. (Ed. WM Rauw) pp. 192–209. (CABI Publishing: Wallingford, UK).
  - 11 De Villiers, J. F., Gcumisa, S. T., Gusnedi, S. A., Thusi, S. P., Dugmore, T. J., Cole, M., Du toit, J. F., Vatta, A.F., y Stevens, C. (2009). Estimation of measurement in KwaZulu-Natal goats. *Applied Animal Husbandry & Rural Development*, 1, 1-8. [www.sasas.co/za/achord/](http://www.sasas.co/za/achord/).
  - 12 Gill, J. L. (1986). Outliers, residuals, and influence in multiple regression. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 103 (1-5), 161-175. Doi: 10.1111/j.1439-0388.1986.tb00079.x.
  - 13 Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., y Anderson, R. E. (2009). *Multivariate data analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Hamilton D. 1987. Sometimes  $R^2 > r_{2yx1}^2 + r_{2yx2}^2$ : Correlated variables are not always redundant. *The American Statistician*, 41(2), 129-132.
  - 14 Kronsberg, S. L., y Malechek, J. C. (1997). Relationship between nutrition and foraging behavior of ree.ranging sheep and goats. *Jornal of Anikmal Sciences*, 75, 1759-1763.
  - 15 Kumar, S., Dahiya, S. P., Malik, Z. S., y Patel, C. S. (2018). Prediction of body weight from linear body measurements in sheep from linear body measurements in sheep. *Indian Journal of Animal Research*, 52, 1263-1266.
  - 16 Liu, J.F., Li, X.L., Tian, Q.Y., *et al.* (1998). Correlation analysis of body weight and body size traits of Tangshan dairy goat. *Heilongjiang Animal. Science and Veterinary. Medicine*, 8, 6 –7.
  - 17 Macedo-Barragán, R., Arredondo-Ruiz, V., Segura, C. H., Castillo-Zamora, P. (2021). Comparison of linear and nonlinear models to estimate body weight of Pelibuey ewes

- from body measurements. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 56. Doi: 10.1007/s11250-020-02515-z.
- 18 Mahieu, M., Naves, M., Arquet, R. (2011). Predicting the body mass of goats from body measurements. *Livestock Research for Rural Development*, 33(9), artículo 192. <http://www.lrrd.org/lrrd23/9/mahi23192.html>.
- 19 Marquardt, D. W. (1970). Generalized, inverses, ridge regression, biased linear estimation, and nonlinear estimation. *Technometrics*, 12(3), 591-612.
- 20 Mavule, B. S., Muchenje, V., Bezuidenhout, C. C., y Kunene, N. W. (2013). Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements. *Small Ruminant Research*. 111 (1 –3), 23 –30. Doi: 10.1016/j.smallrumers.2012.09.008.
- 21 Nsoso S., J., Aganga, A. A. A., Monganetsi, B. P., y Tshwehyane, S. O. (2013). Body weight, body condition score and heart girth in indigenous Tswana goats during the dry and wet season in south Botswana livestock. *Research for Rural Development*, 15(4), artículo 32. <http://www.lrrd.org/lrrd15/4/nsos154.htm>
- 22 Olatunji-Akloye, A., y Adeyemo, O. K. (2009). Liveweight and Chest Girth Correlation in commercial sheep and goat herds in southwestern Nigeria. *International Journal of Morphology*, 27(1). Doi: 10.4067/S0717-95022009000100009.
- 23 Paolo, M., Costa, C., Antonucci, F., Steri, R., Pallotino, F., y Castillo, G. (2014). A low-cost stereovision system to estimate size and weight of live sheep. *Computers and Electronic in Agriculture*, 103 (2), 33 –38. Doi: 10.1016/j.compag.2014.01.018.
- 24 Riffkin, G. G., y Dobson, C. (1979). Predicting resistance of sheep to *Haemonchus contortus* infections. *Veterinary Parasitology*, 5 (4), 365-378. Doi:10.1016.0304-4017(79)90027-x.
- 25 Ross, I. C. (1932). Observations on the resistance of sheep to infestations by the stomach worm, *Haemonchus contortus*. *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research*, 2 (5), 73-80.
- 26 Saether, B. E., y Heim, M. (1993). Ecological correlates of individual variation in age at maturity in female moose: the effects of environmental variability. *Journal of Animal Ecology*, 62, 482-489.
- 27 Sánchez-Molano, E., Kapsona, V. V., Oikonomou, S., Melaren, A., Lambe, N., Conington, J., y Banos, G. (2020). Breeding strategies for animal resilience to weather variation in meat sheep. *BMC Genetics*, 21, artículo 116. Doi: 10.1186/s12863-020-00924-5.



- 
- 28 Sand, H. (1998). *Life history strategies in mouse (Alcs alces) geographical and temporal variation in body growth and reproduction.*
  - 29 Slippers, S. C., Letty, B. A., y Villiers, F. J. (2000). Prediction of the body weight of Nguni goats. *South African Journal of Animal Science*, 30 (S1), 127-128.
  - 30 Steinhein, G., Weladji, R. B., Skogan, T., Adnoy, T., Skcelvag, A. O., y holand, O. (2004). Clilmatic variability and effects on ungulate body weiht. The case of domestic sheep. *Annales Zoologici Fennici*, 41, 525-539.
  - 31 Temoso, O., Coleman, M., Baker, D., Morley, P., Baleseng, L., Makgekgenene, A., y Bahta, S. (2017). Using path analysis to predict body weight from body measurements of goats and sheep of Botswana. *South African Journal of Animal Science*, 47(6), 854-863.
  - 32 Underwood, W. J., Blauwikel, R., Delano, M., Gillesbg, R., Mischler, S., y Schoell, A. (2015). *Biology and Diseases of Ruminants (sheep, goats and cattle*, capítulo 15. (pags. 623-694) En: *Laboratory Animal Medicine*. Elsevier.
  - 33 Weladji, R. B., Klein, D. R., Holand O., y Mysteruce, A. (2002). Comparative response of *Rangifer tarandus* and other northern ungulates to climatic variability. *Rangifer*, 22, 33-50.
  - 34 Worku, A. (2019). Body weight had highest correlation coefficient with under the same farmers feeding conditions for Arsi Bale sheep. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 5(1), 6-12

## 5. Conclusiones y recomendaciones

Las ovejas probablemente fueron domésticas hace 8000 a 10,000 años en áreas como el sudeste de Europa correspondientes a tierras de pasturas semiáridas y zonas montañosas. El original ancestral es ambiguo, pero generalmente se piensa que el Muflón fue uno de los ancestros de la oveja doméstica (Meadows *et al.* 2007). Las primeras ovejas siguieron un comportamiento estacional de pastoreo, permitiéndoles moverse libremente, dependiendo de la oferta de recursos alimenticios locales y de las condiciones ambientales. Bajo estas condiciones de manejo, las ovejas evitaban pastorear continuamente las áreas disponibles y las necesidades de invertir recursos para el control de parásitos fueron poco significativas. De otra parte, desde el punto de vista del hospedero, algunos procesos de selección favorecieron la aversión al pastoreo en zonas de alto riesgo como los alrededores de los depósitos de materia fecal, en la medida que las ovejas evitan pastorear recursos cercanos a estos sitios.

La selección natural ha demostrado que en algunas poblaciones de ovejas salvajes no son evidentes los parásitos, situación que provee información acerca del crecimiento de áreas como la inmunología ecológica o la eco- inmunidad, especialmente donde existen restricciones estacionales en la disponibilidad de recursos alimenticios y por consiguiente es necesario un balance en su localización (Martin y Coon. 2010). De otra parte, La intensificación de la producción animal ha hecho que las ovejas sean confinadas en situaciones de alta capacidad de carga y los sistemas que inicialmente fueron nómadas y después pasaron a sistemas comunitarios estacionales de pastoreo, finalizarán en sistemas con un alto uso de fertilizantes para cubrir los requerimientos de los nuevos recursos forrajeros con suplementación mineral que cubría las deficiencias de los suelos; igualmente existe un mayor control de los movimientos de los rebaños, los cuales han permitido mejorar la bioseguridad y la eficiencia en el manejo de los diferentes grupos etéreos. Entonces ha promovido microambiente local que favorece los diferentes estados de desarrollo de los parásitos en términos de sobrevivencia y de la facilidad para ser ingeridos por el hospedero

La caracterización de estos eventos permite conocer la realidad del ambiente en donde un grupo de investigadores pretende trabajar sobre problemáticas bióticas y abióticas que afectan a los sistemas de producción animal. Esta fase del conocimiento recibe otras denominaciones como inventario, análisis o diagnóstico que en el caso de la Medicina

---

Veterinaria se ocupa de la determinación de las enfermedades, por los síntomas de estas. La caracterización permite identificar de manera dinámica y precisa, los atributos que le dan carácter algo, o que lo definen o que lo identifican. En el caso particular de esta investigación se caracterizó por primera vez la infección por *Eimeria* spp en condiciones experimentales en el Trópico de Altura Colombiano en dos razas: Criollo y Hampshire. Este estudio demostró que las especies de *Eimeria* spp presentes en el Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Extensión Ovino (CIDTEO) son las mismas que predominan en otros sistemas de producción alrededor del mundo, con infecciones entre 3 a 10 especies caracterizadas. 15 especies de *Eimeria* son conocidas que infectan a las ovejas (Al-Neama *et al.* 2021). En Europa central y del Este predominan: *Eimeria* ovinoidalis, *E. bakuensis* (sin. *E. ovina*), *E. crandallis/weybridgensis*, *E. parva* y *E. faurei* (Rommel. 2000). Las especies más patógenas son: *Eimeria ovinoidalis*, *E. bakuensis* y *E. ahsata* (Al-Neama *et al.* 2021; Pellerdy. 1974, Rommel. 2000).

En la mayoría de los hospederos, los parásitos coexisten causando cambios y daños mínimos, mientras la enfermedad clínica ocurre en el hospedero; si es sujeto a una carga infecciosa alta o si su resistencia a la enfermedad está disminuida (Taylor. 1995). De otra parte, el pico de excreción de ooquistes de coccidia es dinámico y presenta un primer pico como resultado del contacto de los corderos con las madres (ubres y pezones) y la posible ingestión de tierra durante la primera semana. El segundo pico es producido por el desafío planteado por el pastoreo alrededor de la tercera semana y un tercer pico se observa normalmente entre la octava a decimioctava semana de vida de los corderos (Mason. 1977). En este estudio, no se observaron casos clínicos, lo cual sugiere que las condiciones de salud y nutrición de los animales jóvenes, su manejo, factores ambientales y las especies de *Eimeria* identificadas no favorecieron la presencia de la enfermedad

Después de la Segunda Guerra Mundial, el rápido desarrollo de la industria química produjo innovaciones para el control de los parásitos, lo cual permitió a los animales genéticamente susceptibles sobrevivir y producir. Sin embargo, este control tradicional de la coccidiosis con drogas en ovejas no es sostenible en el largo plazo, ya que se observa un incremento del desarrollo de la resistencia de diferentes especies de *Eimeria*. El desarrollo de esta resistencia evoluciona de una manera rápida y se expande de tal forma que la eficacia del tratamiento químico cambia dramáticamente en la cotidianidad. Se requiere entonces de nuevos desarrollos alternativos o de métodos complementarios que permitan un control del parásito más efectivo en diferentes tipologías de sistemas de ovinos y la sostenibilidad de

---

estas alternativas en el mediano y largo plazo. Sin embargo, el mayor enfoque estratégico en el corto plazo ha sido realizado en el potencial de influencia de la habilidad del hospedero para controlar el parásito mediante la nutrición del hospedero. En este aspecto, las experiencias del CITDEO muestran que no se ha registrado un evento de resistencia a los químicos y sólo las especies grandes desaparecen por completo después del tratamiento con Toltrazuril, mientras que las especies de menor tamaño permanecen con un conteo menor (Vargas Duarte, comunicación personal). De las especies caracterizadas en este estudio, las más patógenas reportadas por la literatura configuran el grupo que se ha afectado en menor medida por el tratamiento químico (*E. crandallis* y *E. weybridgensis*), y sólo una desaparece por completo después de dicho tratamiento (*E. ahsata*).

Diferentes rutas han sido propuestas para entender cómo la nutrición del hospedero afecta la incidencia de coccidiosis. El primer argumento hace referencia a las pérdidas de plasma, sangre o daños de tejidos, los cuales pueden ser superados con un incremento en la disponibilidad de nutrientes que mejore la productividad del hospedero, tratando de superar las consecuencias que acarrea el parásito, con el análisis de los requerimientos nutricionales por encima del convencional. Estos efectos del control de la infección parasitaria a través de la nutrición se denominan resiliencia del hospedero. Otra ruta consiste en los intentos por regular la población parasitaria a través de procesos relacionados con el sistema inmune, funcionalidad enmarcada en procesos de resistencia manifestada por la habilidad del hospedero para disminuir las poblaciones de parásitos presentes, a través de una reducción del crecimiento del parásito en varios estados, reducir la producción de ooquistes y controlar la población del parásito maduro. Estos umbrales de expresión del sistema inmune requieren de recursos nutricionales que soporten en un tiempo determinado esta resistencia. La influencia de la nutrición del hospedero en términos de resiliencia y resistencia pueden ser vistos como indicadores indirectos de cómo la nutrición afecta a la población de los parásitos

En este contexto, se pueden identificar una gran variedad de nutrientes que potencialmente podrían incrementar la resiliencia del hospedero y la resistencia localizándose la mayoría de las respuestas en la suplementación de proteína metabolizable, considerándose como el factor más limitante para el crecimiento y reproducción de rumiantes menores, como las ovejas. La magnitud de estas respuestas estaría asociada con los nutrientes limitantes en un determinado nicho de producción. Igualmente, la introducción de genotipos mejorados de producción de leche y carne, en contraste con la disponibilidad de nutrientes en los

---

sistemas de alimentación, sugieren unos grandes beneficios de la suplementación estratégica en estos sistemas de producción.

Varias alternativas nutricionales han sido propuestas para ser suplementadas estratégicamente a las ovejas durante períodos críticos de su ciclo de vida. Entre éstas se encuentra el uso de ciertos alumnos silicatos (zeolitas y clinoptilolitas) y de metabolitos secundarios de ciertas especies de plantas (Alcalá-Canto *et al.* 2011; Burke *et al.* 2013) Algunos estudios han sido exitosos en el uso de minerales quelatados como el zinc para el control de *Eimeria* spp en cabras (Chartier y Paraud. 2012). En este contexto, este es el primer trabajo que involucra la suplementación de diferentes fuentes de Zinc como estrategia para el control de coccidiosis. Si bien el zinc no fue capaz de reducir los conteos de la excreción de OPG de heces, se observaron tendencias para mejorar las respuestas en ganancias de peso corporal cuando los corderos enfrentaron por primera vez al parásito y cuando la inmunidad adquirida contra el parásito está en pleno desarrollo. Igualmente, se observó una tendencia del efecto de arrastre de la suplementación estratégica de las ovejas durante la gestación sobre el comportamiento de crecimiento de los corderos lactantes. Igualmente, se observó una mejoría en las ovejas que presentaban lesiones cutáneas y recibieron suplementación con zinc.

Se presentan como una serie de aspectos que se podrían realizar en un futuro para emprender investigaciones similares o fortalecer la investigación realizada. como las variables de decisión para esta variable de estado. El perímetro torácico no fue considerado por ninguno de los métodos de predicción corroborando los hallazgos de la literatura (Khan *et al.* 1980; Boggs y Merkel. 1993)

## 5.1. Conclusiones

- Se identificaron en corderos lactantes 11 de las especies de *Eimeria* reportadas en varias partes del mundo capaces de infectar a ovinos. Las especies reconocidas que se encontraron fueron: *E. ovinoidalis*, *E. crandallis*, consideradas las más patógenas, además de *E. ovina*, *E. ashata*, *E. faurei*, *E. granulosa*, *E. marsica*, *E. parva*, *E. weybridgensis*, *E. pallida*, y *E. punctata*; además de ooquistes compatibles morfológicamente con *E. gonzalezcastro*
- En el lote estudiado se encontraron infecciones mixtas, en la raza Criolla, entre 2 y 5 especies, entre 2 y 12 especies en la raza Hampshire, en la raza Romney Marsh

---

se encontraron entre 2 y 11 especies, mientras que en la raza Corriedale se encontraron entre 10 y 12 especies.

- El monitoreo de los efectos de la suplementación con Zinc (Óxido y Quelatado) durante la gestación y la lactancia de las ovejas no afectó de forma significativa la excreción de ooquistes, la tasa absoluta de crecimiento y el peso corporal.
- La excreción de ooquistes se vio afectada por el clima, tipo de parto y la raza. La excreción de ooquistes fue significativa con respecto a la edad de los corderos, además que se encontró significancia en las interacciones de la edad con respecto a la Raza, Sexo y el Clima.
- La consistencia, por su parte, solo mostró significancia en la interacción Raza\*Suplementación, los Criollos hijos de madres sin suplementación la consistencia de las heces fue significativamente más alta que la presentada en los demás grupos. En cuanto a las tasas absoluta y relativa de crecimiento, solo el tipo de parto mostró significancia, los animales más pesados eran los de parto simple
- El monitoreo de los efectos individuales de dos formas de zinc (óxido y quelatado) suplementados durante la gestación y la lactancia de las ovejas no afectó de forma significativa el conteo de ooquistes y el peso corporal en corderos lactantes de las razas: Hampshire y Criollo, pero sí afectó la consistencia.
- Las dos formas de zinc (óxido y quelatado) no mostraron efectos significativos sobre la concentración de zinc en la leche
- El efecto de la suplementación con Zinc en los hijos de madres criollas suplementadas tuvo un aumento en la resiliencia con ambas fuentes de Zinc; en la raza Hampshire no se observó este efecto.
- La consistencia demostró ser un buen indicador de coccidiosis subclínica, sin embargo, a pesar que hay varias escalas para medir la consistencia, en todas ellas las heces blandas son un indicador de coccidiosis subclínica
- Las relaciones entre el peso y las medidas corporales de corderos lactantes de las razas Criolla y Hampshire permiten estimar el peso corporal de los corderos con cierto nivel de precisión a partir de la longitud, la altura de la cruz y el perímetro abdominal. El perímetro torácico no fue un buen predictor del peso corporal en corderos lactantes, a diferencia de lo reportado por otros estudios

---

## 5.2. Recomendaciones

- El rápido desarrollo de la industria química ha producido innovaciones para el control de *Eimeria*. Sin embargo, su uso intensivo ha resultado en la evolución de genotipos resistentes a estas terapias. En este contexto, en el mediano plazo se recomienda el desarrollo y manejo integral de los parásitos. Algunos componentes de este enfoque han sido incluidos metodológicamente en el estudio tales como: la reducción y el control del reto a través del manejo del pastoreo y la estrategia de rotación de hato y el monitoreo como base para el manejo estratégico y proactivo de la enfermedad.
- En el contexto de las condiciones de manejo de la alimentación la suplementación estratégica no previene la presencia de coccidiosis, pero sí un aumento en la resiliencia del hospedero. Este enfoque estratégico para controlar el parásito mediante la nutrición del hospedero debe mantenerse en el corto plazo, con un incremento en la disponibilidad de nutrientes que mejore la productividad del hospedero
- Los intentos por regular la población de parásitos ante las tendencias presentadas por la suplementación de Zinc ameritan desarrollar investigaciones a mayor escala y en períodos críticos de la infección por *Eimeria*, especialmente con el uso de formas orgánicas del mineral.
- La consistencia ha demostrado ser un gran indicador de coccidiosis subclínica, por ello se recomienda tratar solo a los animales con heces blandas. Por ello es una medida de recomendación en explotaciones intensivas, sin embargo, en explotaciones pequeñas y extensivas, se recomienda tratar solo a corderos que no estén ganando peso mediante la estimación por medidas lineales
- No se recomienda la elaboración de pooles, porque la consistencia y la excreción de oocistos no están correlacionadas
- El esquema de medidas lineales tiene un gran potencial para reemplazar los métodos tradicionales de evaluación del comportamiento de las ovejas. Se recomienda su uso futuro para reconocer y describir la adaptación de determinadas razas, su deficiencia funcional y estimar su comportamiento futuro en diferentes estados fisiológicos asociados en nichos específicos de producción del Trópico de Altura.

## A. Anexo: Variables para la identificación de las especies

Variable	Descripción	Tipo	Medidas	Valores (unidades)
Longitud del ooquiste (Lo)	La parte más larga del ooquiste	Cuantitativa	Continua	( $\mu\text{m}$ )
Amplitud del ooquiste (Wo)	La parte más amplia del ooquiste	Cuantitativa	Continua	( $\mu\text{m}$ )
Presencia / Ausencia del Capuchón polar (Opérculo)	La parte visible del opérculo	Cuantitativa	Dicotómica	1=Sí presenta capuchón / 0=No
Residuo del ooquiste (Ro)	Residuo del producto de la meiosis del centro germinal	Cualitativa	Dicotómica	Presente / Ausente
Color	Color del ooquiste visto bajo el microscopio	Cualitativa	Discreta	1=Rosado; 2=Incoloro; 3=Amarillo; 4=Marrón
Forma del ooquiste (Fo)	Forma que el ooquiste presenta	Cualitativa	Discreta	1=Esférico / subesférico / redondeado; 2=Elipsoidal; 3=Bala / Triangular; 4=Ovalado
Amplitud del opérculo (Wm)	La parte más amplia del opérculo	Cuantitativa	Mixta	0=No está presente ( $\mu\text{m}$ )
Amplitud de la capa micropilar (Wm')	La parte más angosta del opérculo	Cuantitativa	Mixta	0=No está presente ( $\mu\text{m}$ )
Altura del opérculo (Hm)	La parte más alta del opérculo	Cuantitativa	Mixta	0=No está presente ( $\mu\text{m}$ )



Longitud del esporoquiste (Le)	La parte más larga del esporoquiste	Cuantitativa	Mixta	0=No esporulado; 1=En proceso de esporulación; 4=Vacío
Amplitud del esporoquiste (We)	La parte más amplia del esporoquiste	Cuantitativa	Continua	0=No esporulado 1=En proceso de esporulación; 4=Vacío (µm)
Forma del esporoquiste (Fe)	Forma que presenta el esporoquiste	Cualitativa	Discreta	0=No esporulado; 1=En proceso de esporulación; 2=Ahusados / Banano / Irregulares / Triangulares; 3=Ovalados / Piriformes; 4=Vacío
Residuo del esporoquiste (Re)		Cualitativa	Discreta	0=No esporulado; 1=En proceso de esporulación; 2=Ausente; 3=Presente; 4=Vacío; 5=Presentes
Cuerpo Stidea	Engrosamiento del ooquiste en la parte polar en su eje longitudinal medio	Cualitativa	Discreta	0=No esporulado; 1=En proceso de esporulación; 2=Ausente; 3=Presente; 4=Vacío
Disposición de los esporozítos	Como están dispuestos los esporozoítos dentro del esporoquiste	Cualitativa	Discreta	0=No esporulado; 1=En proceso de esporulación; 2=Cabeza-cabeza; 3=Cabeza-cola; 4=Vacío; 5=Indeterminado / Plano transversal

## B. Anexo: Características de los ooquistes según la especie

ESPECIE	TAMAÑO (µM) (REF BIBLIOGRAFÍA)	FORMA	CARACTERÍSTICAS DEL OOQUISTE			PATOGENICIDAD	RESIDUO ESPOROQUISTE	TIEMPO ESPORULACIÓN 20°C (DÍAS) (11)
			Color	Capuchón Polar	Observaciones sobre pared (ref.)			
<i>E. ahsata</i>	29-44*17-28 (11) 31.88±3.56* 22*3.12 (21)	Ovalado (11)	Amarillento (11)	+		++	+	2-3
<i>E. bakuensis</i>	23-36*15-24 (11) 23-36*16-23 (77)	Elongado a elipsoidal, menudo en	Amarillento (11)	+	La pared tiene dos capas, la capa externa es	+ / ++	+	2-4

	30.61±0.98*21.78 ±2.05 (21)	paralelo, o la pared del ooquiste recta (11)			lisa y amarillenta. El micrópilo está cubierto por una capa (77)			
<i>E. crandallis</i>	17-28*17-22 (11) 22.41±2.6*18.46± 2.08 (21)	Elipsoidal amplio a esférico (11).	Incoloro (11)	+/-		+++	+	1-3
<i>E. granulosae</i>	22-37*17-26 (11) 24.88±1.76*19.41 ±2.06 (21)	Ovalado, en forma de urna (11)	Amarillento (11)	+		-	+	3-4
<i>E. intricata</i>	40-56*30-41 (11) 39-53+27-34 (77) 50.20±5.72*38.20 ±2.95 (21)	Elipsoidal (11)	Marrón (11,77)	+	Micrópilo de 6- 9µ. Pared rugosa, marrón y con estrías cruzadas (77)	-	+	3-7

---

## C. Anexo: Variables para la identificación de las especies

En las figuras 2-8 a 2-18 se encuentran las fotos de 11 de las especies encontradas y una descripción de los caracteres diferenciales.

### ***Eimeria ahsata***

Ooquiste ovalado/elipsoidal, 24-45 $\mu$ m X 16-28 $\mu$ m, el Cuerpo Stidea puede o no estar presente, amarillo, ancho de pared 0,5-4 $\mu$ m, opérculo presente, con una amplitud entre 5-9 $\mu$ m, amplitud del opérculo entre 3-8 $\mu$ m, y una amplitud de la capa opercular 1-4 $\mu$ m. Esporoquistes Elipsoidales / Ahusados, con una longitud de 10-18 X 4-12 $\mu$ m de amplitud. Residuo del esporoquiste ausente (Figura 2-8)

#### **Ooquiste esporulado de *Eimeria ahsata***

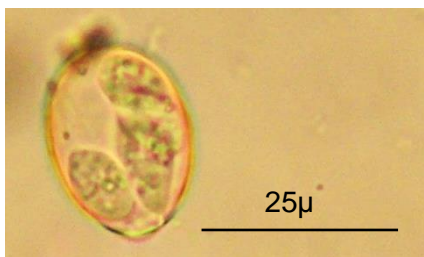


Foto: Rubén Darío Torres

### ***Eimeria crandallis***

Ooquiste ovalado/elipsoidal, las medidas del ooquiste abarcan de 18-45 X 13-26  $\mu$ m, Cuerpo Stidea puede o no puede estar presente, color amarillo, ancho de pared 0,5-3  $\mu$ m, ancho del opérculo de 2-9  $\mu$ m, ancho de capa opercular 1-7 $\mu$ m, alto del opérculo 1-3 $\mu$ m. Esporoquistes Elipsoidales / Ahusados; Longitud del Esporoquiste 7-23 $\mu$ m, amplitud del esporoquiste 4-16 $\mu$ m; el residuo del esporoquiste puede o no estar presente (Figura 2-9).

---

### Ooquiste esporulado de *Eimeria crandallis*

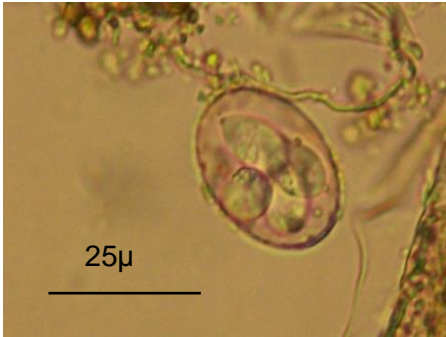


Foto: Rubén Darío Torres

### *Eimeria faurei*

Ooquiste ovalado, 20-38 X 4-26 $\mu$ m, el Cuerpo Stidea puede o no estar presente, color amarillo, 0,5-3 $\mu$ m de amplitud de pared, 2-6  $\mu$ m de ancho del opérculo, 2-4  $\mu$ m de ancho de la capa opercular, el opérculo presenta una altura de 1-3  $\mu$ m. Los ooquistes son elipsoidales, ahusados u ovalados, longitud del esporoquiste 7-26 $\mu$ m, amplitud del esporoquiste 4-12 $\mu$ m, y el residuo del esporoquiste puede estar presente (Figura 2-10).

### Ooquiste esporulado de *Eimeria faurei*

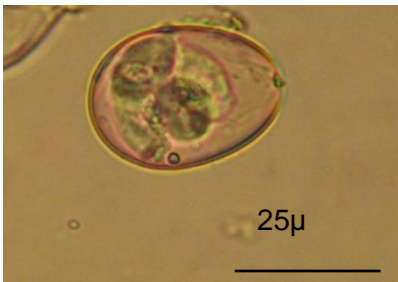


Foto: Rubén Darío Torres

### *Eimeria granulosa*

Ooquiste amarillo ovalado o elipsoidal, 20-36 X 4-25 $\mu$ m, el Cuerpo Stidea puede estar presente, y amplitud de pared 0,5-3 $\mu$ m. Ancho del opérculo 5-11 $\mu$ m, ancho de capa opercular 2-7 y alto del opérculo 1-4 $\mu$ m. Esporoquistes ovalados o elipsoidales, 7-15 $\mu$ m X 4-10 $\mu$ m, el residuo de esporoquiste puede o no estar presente (Figura 2-11).

---

**Ooquiste esporulado *Eimeria granulosa***



Foto: Rubén Darío Torres

***Eimeria marsica***

Ooquiste elipsoidal, 22-28 X 14-23 $\mu$ m, Cuerpo Stidea puede no estar presente, la amplitud de la pared 0,5-3 $\mu$ m. El opérculo puede o no estar presente; en caso de estarlo la amplitud del opérculo mide 3-6  $\mu$ m, la amplitud de la capa opercular es de 2-5  $\mu$ m, y el alto del opérculo 1-3  $\mu$ m. El esporoquiste mide 7-16 X 5-10 $\mu$ m, el Residuo del esporoquiste puede o no estar presente (Figura 2-12)

**Ooquiste esporulado de *Eimeria marsica***

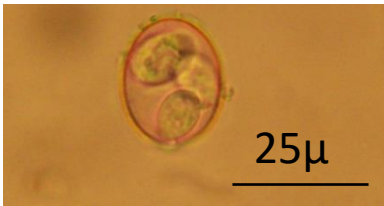


Foto: Rubén Darío Torres

***Eimeria ovina***

Ooquiste elipsoidal, 18-34 X 14-24 $\mu$ m, el Cuerpo Stidea puede o no estar presente, color amarillo, la pared tiene una amplitud de 0,5-4 $\mu$ m. La amplitud del opérculo mide de 3-11 $\mu$ m, la amplitud de la capa opercular mide 2-8 $\mu$ m, y la altitud del opérculo mide 1-4 $\mu$ m. Los esporoquistes pueden ser elipsoidales u ovalados (Figura 2-13).

**Ooquiste esporulado de *Eimeria ovina***



Foto: Rubén Darío Torres

### ***Eimeria ovinoidalis***

Ooquiste elipsoidal u ovalado, la longitud se encuentra en un rango entre 18-36 X 12-22  $\mu\text{m}$ , no presente Cuerpo Stidea, color Amarillo, con una amplitud de pared de 0.5-3 $\mu\text{m}$ , ancho del opérculo 2-9, ancho de la capa opercular 2-8, y la altura del opérculo 0,5-3. Los esporoquistes son ovalados o elipsoidales, miden 7-16 X 2-14 $\mu\text{m}$ . Puede o no estar presente el residuo del esporoquiste (Figura 2-14).

#### **Ooquiste esporulado de *Eimeria ovinoidalis*.**



Foto: Rubén Darío Torres

### ***Eimeria pallida***

Ooquiste elipsoidal, 16-32 X 13-22 $\mu\text{m}$ , el Cuerpo Stidea puede o no estar presente, el ooquiste puede ser incoloro, o amarillo; presenta entre 0,5-3 $\mu\text{m}$  de ancho de pared. No presenta opérculo. Los esporoquistes pueden ser ovalados o elipsoidales, abarcan 5-16 X 2-8 $\mu\text{m}$ ; el residuo del esporoquiste puede o no estar presente (Figura 2-14).

#### **Ooquiste esporulado de *Eimeria pallida***



Foto: Rubén Darío Torres

### ***Eimeria parva***

Ooquiste esférico o subesférico. 12-26 X 12-22 $\mu\text{m}$ , el Cuerpo Stidea puede o no estar presente, puede ser incoloro o amarillo, la amplitud de pared abarca de 0,5-3  $\mu\text{m}$ . No presenta opérculo. Los esporoquistes pueden ser elipsoidales o irregulares, miden miden 6-13 X 2-12 $\mu\text{m}$ , el residuo del esporoquiste puede o no estar presente (Figura 2-15)

### Ooquiste esporulado de *Eimeria parva*



Foto: Rubén Darío Torres

### *Eimeria punctata*

Ooquiste ovalado, 22-26 X 16-20  $\mu\text{m}$ , el Cuerpo Stidea puede o no estar presente, color marrón, la textura de la pared, a diferencia de las demás puede ser lisa o también levemente rugosa, el ancho de la pared mide 0,5-2 $\mu\text{m}$ . La presencia del opérculo es variable, en las ocasiones donde se encuentra mide 6-7 $\mu\text{m}$  de ancho del opérculo, 5-6 $\mu\text{m}$  de ancho de capa opercular y 2-3 $\mu\text{m}$ . Los esporoquistes son ovalados, y la longitud está en un rango 10-12 X 6-8 $\mu\text{m}$ , el residuo del esporoquiste puede o no estar presente.

### *Eimeria weybridgensis*

Ooquiste elipsoidal u ovalado, 20-45 $\mu\text{m}$ , el cuerpo Stidea puede o no estar presente; el ooquiste puede ser incoloro o amarillo, 0,5-3 $\mu\text{m}$ . Ancho del opérculo son 2-9 $\mu\text{m}$ , 1-7 $\mu\text{m}$  de capa opercular, y 0,5-4 $\mu\text{m}$  de altura del opérculo. Los esporoquistes son ovalados, o también elipsoidales o piriformes. Abarcan 5-21 X 2-16 $\mu\text{m}$ , el residuo del esporoquiste puede o no estar presente (Figura 2-16)

### Ooquiste esporulado de *Eimeria weybridgensis*



Foto: Rubén Darío Torres

Se encontraron ooquistes parecidos a *Eimeria ovinoidalis* que presentaban las siguientes características: forma elipsoidal u ovalada, medidas 17,5-25 X 15-20 $\mu\text{m}$ , color amarillo o incoloro. (Figura 2-14) y como característica que la diferencia de *E. ovinoidalis*. el ooquiste



---

es ligeramente aplanado en el extremo donde se encuentre el opérculo dando una forma de bala, aunque también pueden observarse ovalados o elipsoidales, estos ooquistes se encuentran cubiertos por dos capas amarillas o cafés. La forma de los esporoquistes, también, puede ser ovalada o elipsoidal, con medidas en el rango 5-7,5 X 7,5-13 $\mu$  (Figura 2-17). Estos ooquistes han sido reconocidos como *E. gonzalezi*, sin embargo, se determinó como sinónimo de *E. gonzalezcastroi*, un parásito encontrado en aves (Millán.2009)

**Ooquiste esporulado compatible con *Eimeria gonzalezcastroi***



Foto: Rubén Darío Torres

---

## D. Anexo: Resultados de los análisis de potencia para las pruebas de Kruskal-Wallis de las frecuencias relativas de las especies de *Eimeria* spp., dentro de las razas

```
> kruskal.test(Hampshireahsata,Criollaahsata,Corriaahsata,RMahsata)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshireahsata and Criollaahsata  
Kruskal-Wallis chi-squared = 2.5238, df = 3, p-value = 0.471
```

```
> kruskal.test(Hampshirecran,Criollacran,Corricran,RMcran)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshirecran and Criollacran  
Kruskal-Wallis chi-squared = 2.8226, df = 2, p-value = 0.2438
```

```
> kruskal.test(Hampshirefau,Criollafau,Corrifau,RMfau)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshirefau and Criollafau  
Kruskal-Wallis chi-squared = 3.6765, df = 4, p-value = 0.4516
```

```
> kruskal.test(Hampshiregran,Criollagran,Corrigran1,RMgran)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshiregran and Criollagran  
Kruskal-Wallis chi-squared = 4.4118, df = 3, p-value = 0.2203
```

```
> kruskal.test(Hampshiremar,Criollamar,Corrimar,RMmar)
```

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshiremar and Criollamar  
Kruskal-Wallis chi-squared = 2.5, df = 2, p-value = 0.2865
```

---

```
> kruskal.test(Hampshireovina,Corriovina,Criollaovina1,RMovina)
```

```
    Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshireovina and Corriovina  
Kruskal-Wallis chi-squared = 4, df = 4, p-value = 0.406
```

```
> kruskal.test(Hampshireovinoi,Criollaovinoi,Corriovinoi,RMovinoi)
```

```
    Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshireovinoi and Criollaovinoi  
Kruskal-Wallis chi-squared = 5, df = 5, p-value = 0.4159
```

```
> kruskal.test(Hampshirepal1,Criollapal1,Corripal1,RMpal)
```

```
    Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshirepal1 and Criollapal1  
Kruskal-Wallis chi-squared = 1.2297, df = 3, p-value = 0.7459
```

```
> kruskal.test(Hampshirepar,Criollapar,Corripar1,RMpar)
```

```
    Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: Hampshirepar and Criollapar  
Kruskal-Wallis chi-squared = 5, df = 5, p-value = 0.4159
```

---

## Bibliografía

1. AAFCO. (2000). Official publication. Association of American Feed Control Oficial. Atlanta.
2. Abdul Rasheed, M. S. (2016). Assessment of level protection against Coccidiosis in Broiler Breeders Conferred by a Live Anticoccidial Vaccine, and tis influence on Early Growth and Development. (Master Thesis) Theses and Dissertations, pp. 654.
3. Abo-Shehada, M. N., y Abo-Farieha, H. A. (2003). Prevalence of *Eimeria* species among goats in northern Jordan. *Small Ruminant Research*, 49, 109-113.
4. Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Farmer, M.A., Andersen, R.A., Anderson, O.R., Barta, J, R., Bowser S. S., Brugerolle, G., Fensome, R.A., Fredericq, S., James, T.Y., Karpov, S., Kugrens, P., Krug, J, M., Lane, C.E., Lewis, L.A., Lodge, J., Lynn, D.H., Mann, D.G., Mccourt, R.M., Mendoza, L., Ojvind Moestrup, Mozley Standridge, S.E., Nerad, T.A., Shearer, C.A., Smirnov, A.V., Spiegel, F.W., y Taylor, M. F. J. R. (2005). The new higher-level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. *Journal of Eukariotic Microbiology*, 52(5), p399-451.
5. Aganga, A. A., Umunsa, D. N., Oyedipe, E. O., y Okoli, P. N. (1988). Seasonal variations in water requirement and influence of intermittent watering on grazin Yanbasa sheep. *Small Ruminant Reseasrch*, 1(4), 381-386. Doi: 10.1016/0921-4488(88)90063-6.
6. Al-Neama, R. T., Brown, K. J., Brown, K. J. y Blake, D. P. (2021). Determinants of *Eimeria* and *Campylobacter* infection dynamics in UK domestic shee. The role of coinfection. *Parasitology*, 148 (5), 623-629. Doi: 10.1017/S00311829210000.44.
7. Al-Saadoon, Z. M., y Al-Rubaie, H. M. A. (2018). Traditional and molecular study for prevalence of Coccidiosis in sheep in Waist-Iraq. *Indian Journal of Natural Science*, 8 (49), 14394-14441.

- 
8. Albayati, H. H., Jarad, N. I., Al-Difaie, R. S., y Ola, H. K. (2020). Microscopic and molecular diagnosis of *Eimeria* spp. In sheep as an investigation. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*. 23(14), SP231405. I: Doi: <http://doi.org/10.36295/ASRO.2020.231405>.
  9. Alcalá-Canto, Y., Gutiérrez-Olvera, L., Gutiérrez-Olvera, C., y Sumano López, H. (2011). Effects of clinoptilolite on *Eimeria* spp., infection in sheep. *Small ruminant Research*. 100(2-3): 184-188. Doi: [doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.05.014](http://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.05.014).
  10. Alcalá-Canto, Y., Figueroa-Castillo, J. A., Ibarra-Valverde, F., Vera-Montenegro, Y., Cervantes-Valencia, M. E., y Alberti-Navarro, A. (2020). First database of the spatial distribution of *Eimeria* species of cattle, sheep and goats in Mexico. *Protozoology*. 119, 1057-1074. Doi: [https://doi-org.ezproxy.unal.edu.co/10.1007/s00436-019-06548-8](https://doi.org.ezproxy.unal.edu.co/10.1007/s00436-019-06548-8).
  11. Aleksandersen, M., Lie, K-I., Gjerde, B., y Landsverk T. (2002). Lymphocyte depletion in Ileal Peyer's Patch Follicles in lambs infected with *Eimeria ovinoidalis*. *Clinical and diagnostic Laboratory Immunology*, 9(1), 83-91.
  12. Alimohamady. R., Hassan, A., Bruckmaier R. M., y Christensen, R. G. (2019). Effect of Different Sources of Supplemental Zinc on Performance, Nutrient Digestibility, and Antioxidant Enzyme Activities in Lambs. *Biological Trace Element Research*, 189, 75–84. Doi: 10.1007/s12011-018-1448-1.
  13. Alowanou, G. G., Adennilé, A. D., Akouedegni, G. C., Bossou, A. C., Zinsou, F. T., Akakpo, G., A., Kifouly, H. A., Rinalde, L., Von Samson-Himmelstjerna, G., Cringoli, G., y Hounzangbé-Adoté, S. (2021). A comparison of Mini-FLOTAC and McMaster techniques in detecting gastrointestinal parasites in West Africa Dwarf sheep and goats and crossbreed rabbits. *Journal of Applied Animal Research*, 49:1, 30-38, Doi: [10.1080/09712119.2021.1876703](http://doi.org/10.1080/09712119.2021.1876703).

- 
14. Alzieu, J. P., Mage, C., Maes, L., y de Mûelenaere, C. (1999). Economic benefits of prophylaxis with diclazuril against subclinical coccidiosis in lambs reared indoors. *The Veterinary record*, 144(16), 442–444.
  15. Ammar, S.I., Watson, A.M., Craig, L. E., Cope, E.R., Schaefer, J.J., Mulliniks, J.T., y Gerhold, R.W. (2019). *Eimeria gilruthi*-associated abomasitis in a group of ewes. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(1), 128-132. Doi:10.1177/10406387/8884109.
  16. AOAC (1996). Minerals in animal feed and pet food. AOAC Official Methods. 968.08-1969(1996).
  17. Arslan, M. O., Umur, S., y Kara, M. (1999). The prevalence of coccidian species in sheep in Kars Province of Turkey. *Tropical Animal Health Production*, 1(3), 161-165. Doi: 10.1023/a:1005186624978.
  18. Atta, O., y El Khidir, A. (2004). Use of heart girth, wither height and scapuloischial length for prediction of liveweight of Nilotic sheep. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 232-237.
  19. Avendaño Rodríguez, V. A., y Navarro Ortíz, C. A. Alimentación de ovinos en regiones del trópico en Colombia (2020) Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 11, 2, 71-107. Doi: 10.22579/22484817.47
  20. Bach, A., Calsamiglia, S., y Stern, M. D. (2005). Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88 Suppl 1, E9–E21. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7).
  21. Balan, P., Staincliffe, M., y Moughan, R. J. (2020). Dietary supplementation with ovine serum immunoglobulin modulates correlations between mucin, microbiota and immunity proteins in the growing rat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104, 758-766. Doi: 10.1111/jpr.13319.
  22. Bajwa, R. S., y Gill, B. S. (1977), Effect of irradiation (gamma rays) on the biology of *Eimeria tenella* oocysts. *Abbales de Recherches Veterinaires.*, 8, 181-186.
  23. Bakunzi, F. R., Thwane, S. N., Motsei, L. E., y Dzoma, B. M. (2010). Diversity and seasonal occurrence of *Eimeria* species in a mixed flock of

- 
- communally reared sheep and goats in Mafikeng in the North West Province, South Africa. *Journal of the South African Veterinary Association*, 81(3), 148–150. Doi: [Doi:/10.4102/jsava.v81i3.137](https://doi.org/10.4102/jsava.v81i3.137).
24. Ball, S. J., y Pittilo, R. M. (1988). Ultrastructural observations of microgametogenesis in *Eimeria bakuensis* (Syn. *E. ovina*) of sheep. *Parasitology Research*, 74(5), 431–435. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00535142>.
25. Barreto de Souza, L. E., Ferreira da Cruz, J., Ferreira Neto, M. R., Albuquerque, G. R., Brandao Melo, A. D., y Tapia Tapia, D. M. (2015). Epidemiology of *Eimeria* infections in sheep raised extensively in a semi-arid region of Brazil, *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology Jaboticabal*, 24(4), 410-415. Doi: 10.1590/S1984-29612015070.
26. Bayer animal health care -BAHC-. (2010). Biocox 5% Toltrazuril. Technical information International Edition. 16: 27-32.
27. Bazalar, R., y Guerrero, C. A. (1969). Coccidiosis en ovinos domésticos de altura, con una descripción de *Eimeria gonzalezi* n. sp. *Revista Facultad de Medicina Veterinaria*, Lima, 22, 171-180.
28. Bela, B., y Haile, A. (2009). Factors affecting growth performance of sheep under village management conditions in the south western part of Ethiopia livestock. *Research for Rural development*, 21 (11). Artículo 189. <http://www.lrrd.org/lrrd21/11/bela21189.htm>.
29. Bellof, G., Most, E., y Pallauf, J. (2007). Concentration of copper, iron, manganese and zinc in muscle, fat and bone tissue of lambs of the breed German Merino Landsheep in the course of the growing period and different feeding intensities. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 91(3-4), 100–108. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2006.00648.x>.
30. Berghof, T. M., Poppe, M., y Molder, H. A. (2019). Opportunities to improve resilience in animal breeding programs. *Frontiers in Genetics*, 9, artículo 692.

- 
31. Berriatua, E., Green, L. E., y Morgan, K. L. (1994). A descriptive epidemiological study of coccidiosis in early lambing housed flocks. *Veterinary Parasitology*, 54(4), 337–351. Doi: [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90001-9).
32. Berriatua, E., Gibson, W. C., y Morgan, K. L. (1995). Development of DNA probes for the ovine *Eimeria* species *E. crandallis* and *E. ovinoidalis*. *Parasitology research*, 81(3), 222–229. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00937113>.
33. Bishop, S. L. (2012). A consideration of reistance and tolerance for ruminant nematode infections. *Frontiers in Genetics*, 3, 168. Doi: 10.3389/fgene.2012.00168.
34. Bisset, S. A., y Morris, C. A. (1996). Feasibility and implications of breeding sheep for resilience to nematode challenge. *International Journal for Parasitology*, 26, 857–868.
35. Bhutta, Z. A., Bird, S. M., Black, R. E., Brown, K. H., Gardner, J. M., Hidayat, A., Khatun, F., Martorell, R., Ninh, N. X., Penny, M. E., Rosado, J. L., Roy, S. K., Ruel, M., Sazawal, S., y Shankar, A. (2000). Therapeutic effects of oral zinc in acute and persistent diarrhea in children in developing countries: pooled analysis of randomized controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*, 72(6), 1516–1522. Doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.6.1516>.
36. Blood, D. C., y Radostits, O. M. (1989). *Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses*. Bailliere Tindall. Oxford ed., Gran Bretaña. 1502 pp.
37. Boggs, D., y Merkel, R. (1993). *Live Animal Carcass Evaluation and Selection Manual*. 4th ed. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, IA.
38. Burke, J.M., Miller, J.E., Terrill, T.H., Orlik, S.T., Achayra, M., Garza, J.J., y Mosjidis, J.A. (2013). *Sericea lespedeza* as an aid in the control of *Eimeria* spp., in lambs. *Veterinary Parasitology*, 193(1-3): 39-46



- 
39. Burrell, A., Tomley, F., Vaughn, S., y Marugan—Hernandez, V. (2020). Life cycle stages, specific organelles and invasion mechanisms of *Eimeria* species. *Parasitology*, 147 (3), 263-278. Doi: 10.1017/S0031182019001562.
40. Carneiro, P. G., Sasse, J. P., Silva, A. C. D. S., Seixas, M.D., Paschoal, A. T. P., Minutti, A. F., Martins, T. A., Cardim, S. T., de Souza Rodrigues, F., de Barros, L. D., y García, J. L. (2022). Prevalence and risk factors of *Eimeria* spp., natural infection in sheep from northeastern Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 31(1): e017421, doi:[10.1590/S1984-29612022004](https://doi.org/10.1590/S1984-29612022004).
41. Carrau, T., Silva, L., Pérez, D., Failing, K., Martínez-Carrasco, C., Macías, J., Taubert, A., Hermosilla, C., y de Ybáñez, R. R. (2018). Associated risk factors influencing ovine *Eimeria* infections in southern Spain. *Veterinary Parasitology*, 263, 54–58. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.10.004>.
42. Catchpole, J., y Gregory, M. W. (1985). Pathogenicity of the coccidium *Eimeria crandallis* in laboratory lambs. *Parasitology*, 91 (Pt 1), 45–52. <https://doi.org/10.1017/s003118200005650x>.
43. Chapman, H. D., y Jeffers, T. K., y Williams, R. B. (2010). Forty years of monensin for the control of coccidiosis in poultry. *Poultry Science*, 89, 1788-1801. Doi: 10.3382/ps.2010-00931. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.10.022.
44. Chapman, H. D., y Lewis, J. A., y Searle, R. M. (1973). The effect of naturally acquired infections of coccidia in lambs. *Research in veterinary science*, 14(3), 369–375.
45. Chartier, C., y Paraud, C. (2012). Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Ruminant Research*, 103, 84-92. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.10.022>.
46. Chen, Y.J., Zhao, Z.Q., Zhang, J.Y., et al. (2009). Path analysis about litter sizes to body weight and body size in the primiparous Dazu black ewes.

---

*Proceedings of the Tenth Conference of the Chinese Academy of Animal Husbandry and Veterinary Medicine.*

47. Chen, Y.J., Zhao, Z-j., Zhao, Z-g., Zhang, J-h., Li, Z-g., Cheng, L., Wang, X-h., y Wang, J-g. (2008). Research on path analysis and optimum regression mode between body weight and body size in the adult Dazu black goats. *Grass-feeding Livestock*, 140, 71 –74.
48. Colditz, I. G. (2008). The costs of immune responses. In 'Resource allocation theory applied to farm animal production'. (Ed. WM Rauw) pp. 192–209. (CABI Publishing: Wallingford, UK).
49. Cringoli, G. (2004). Coprological diagnosis: what´s new? *Parassitologia*, 46(1-2), 137-139.
50. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Second Edition doi.org/10.4324/9780203771587.
51. De Andrade, A. L., Jr, da Silva, P. C., de Aguiar, E. M., y Santos, F. G. (2012). Use of coccidiostat in mineral salt and study on ovine eimeriosis. *Revista brasileira de Parasitologia Veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 21(1), 16–21. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1984-29612012000100004>.
52. De Macedo, L. O., Bezerra-Santos, M. A., Marinho de Silva, NM., do Rego Barros, G. M. M., Alves L. C., y Giannelli, A, Nascimento Ramos RA, Aparecida de Carvalho G. (2019). Morphological and epidemiological data on *Eimeria* species infecting small ruminants in Brazil, *Small Ruminant Research*, 171: 37-41. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.12.006>.
53. De Macedo, L. O., Bezerra-Santos, M. A., de Mendonça, C. L., Alves, L. C., Ramos, R., y de Carvalho, G. A. (2020). Prevalence and risk factors associated with infection by *Eimeria* spp. in goats and sheep in Northeastern Brazil. *Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 44(3), 607–612. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01235-3>.

- 
54. De Souza, L. E., da Cruz, J. F., Teixeira Neto, M. R., Albuquerque, G. R., Melo, A. D., y Tapia, D. M. (2015). Epidemiology of *Eimeria* infections in sheep raised extensively in a semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 24(4), 410–415. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612015070>.
55. De Souza Rodrigues, F., Skrebsky Cezar, A., Rezer de Menezes, F., Luis Sangioni, L. A., Flores Vogel, F.- S., y de Avila Botton, S. (2020). Effect of toltrazuril at single dose against *Eimeria* spp. in lambs kept at pasture in condition favorable to coccidiosis. *Small Ruminant Research*, 192, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106211>.
56. De Villiers, J. F., Gcumisa, S. T., Gusnedi, S. A., Thusi, S. P., Dugmore, T. J., Cole, M., Du toit, J. F., Vatta, A.F., y Stevens, C. (2009). Estimation of measurement in KwaZulu-Natal goats. *Applied Animal Husbandry & Rural Development*, 1, 1-8. [www.sasas.co/za/achord/](http://www.sasas.co/za/achord/).
57. Diaferia, M., Veronesi, F., Morganti, G., Nisoli, L., y Piergili Fioretti. (2013). Efficacy of toltrazuril 5 % suspension (Baycox, Bayer) and Diclazuril (Vecoxan, Janssen-Cilag) in the control of *Eimeria* spp. In lambs. *Parasitology Research*, 112, S163-S168. Doi: 10.1007/s00436-013-3440-1.
58. Díaz-Anaya, A., Chavarro-Tulcán, G. I., Pulido-Medellín, M. O., García-Corredor, D., y Vargas-Avella, J. C. (2017). Estudio coproparasitológico en ovinos al pastoreo en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Animal*, 39(1), 1-8.
59. Dos Santos Oliveira, L. L., Vieira e Silva, F., Dos Santos Lima, W., Farias Batista, L., De Oliveira Catro, A. L., y Ribeiro Rocha, V. J. (2019). Effect of climatic conditions on the occurrence of sheep endoparasites. *Acta Veterinaria Brasílica*, 13(1), 37-42. <https://doi.org/10.21708/avb.2019.13.1.8281>.
60. Duszynski, D.W. (2021). Biodiversity of the Coccidia (Apicomplexa: Conoidasida) in vertebrates: what we know, what we do not know, and

- 
- what needs to be done. *Folia Parasitologica* 68:001. Doi: 10.14411/fp.2021.001.
61. Duszynski, D. W., y Wilber, P. G. (1997). A guideline for the preparation of species descriptions in the Eimeriidae. *The Journal of Parasitology*, 83(2), 333–336.
62. Duszynski, D.W., Upton, S. J. y Couch, L. (2008). Taxonomic summary of genera within Eimeriidae. Consultado 14 abril 2020. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20100621215214/http://biology.unm.edu/biology/coccidia/genera.html>.
63. El-Alfy, E-S., Abbas, I., Al-Kappany, Y., Al-Araby, M., Abu-Elwafa, A., y Dubey, J. P. (2020). Prevalence of Eimeria species in sheep (*Ovis aries*) from Dakahlia governorate. Egypt. *Journal of Parasitic Diseases*, 44, 55-573. Doi: <https://doi-org.ezproxy.unal.edu.co/10.1007/s12639-020-01229-1>.
64. Ensuncho-Hoyos, C., Castellano-Coronado, A., Meza-Angulo, L., Bustamente-Yáñez, M., y Vergara-Garay, O. (2014). Prevalence and level of gastrointestinal nematode infection in sheep of hair in grazing in four municipalities of Cordoba, Colombia. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*. 24(5), 414-420.
65. Epstein, H.T. (1978). The effect of litter size on weight gain in mice. *J Nutr*. 108(1):120-3, doi: 10.1093/jn/108.1.120.
66. Evans, P., y Halliwell, B. (2001). Micronutrients: oxidant/antioxidant status. *The British journal of nutrition*, 85 Suppl 2, S67–S74.
67. Fernandez-Cruz, E., Alecsandru, D., y Ramón, S.S., (2009). Mechanisms of action of immune globulin. *Clinical and Experimental Immunology*. 157, (1 –2). Doi: [10.1111/j.1365-2249.2009.03955.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2249.2009.03955.x).
68. Foreyt W. J. (1990). Coccidiosis and cryptosporidiosis in sheep and goats. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 6(3), 655–670. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30838-0](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30838-0).

- 
69. García-Nebot, M. J., Barberá, R., y Alegría, A. (2013). Iron and zinc bioavailability in Caco-2 cells: influence of caseino phosphopeptides. *Food Chemistry*, 138, 1298-1303. Doi: 10.1016/j.foodchem.2012.10.113.
70. Garg, A. K., Mudgal, V., y Dass, R. S. (2008). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 144, 82-96. Doi: 10.1016/j.amofeedsco.2007.10.003.
71. Gaulty, M., Krauthahn, C., Bauer, C., y Erhardt, G. (2001). Pattern of *Eimeria* oocyst output and repeatability in naturally infected suckling Rhön lambs. *Journal of veterinary medicine. B, Infectious diseases and veterinary public health*, 48(9), 665–673. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2001.00493.x>.
72. Gaulty, M., Reeg, J., Bauer, C., y Erhardt, G. (2004). Influence of production systems on the *Eimeria* oocyst output and weight gain. *Small Ruminant Research*, 55: 159-167.
73. Gilbert, W., Bellet, C., Blake, D. P., Tomley, F. M., y Rushton, J. (2020). Revisiting the Economic Impacts of *Eimeria* and Its Control in European Intensive Broiler Systems with a Recursive Modeling Approach. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, artículo 558182. Doi: 10.3389/fvets.2020.558182.
74. Gill, J. L. (1986). Outliers, residuals, and influence in multiple regression. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 103 (1-5), 161-175. Doi: 10.1111/j.1439-0388.1986.tb00079.x.
75. Gómez-Bautista, M., Luzón-Peña, M., Santiago-Moreno, J., de Bulnes, A. G., y Meana, A. (1996). Coccidial infection in mouflon, *Ovis musimon*, in central Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 32(1), 125–129. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-32.1.125>.
76. Gotelli N.A (2001) *A primer of Ecology*. Third edition. Sinauer associates
77. Gregory, M. W., Catchpole, J., Joyner, L. P., y Parker, B. N. (1983). Observations on the epidemiology of coccidial infections in sheep under varying conditions of intensive husbandry including chemoprophylaxis

- 
- with monensin. *Parasitology*, 87 (Pt 3), 421–427. Doi: 10.1017/s0031182000082949.
78. Gregory, M.W., Catchpole, J., Joyner, L.P., y Maund, B.A. (1989). Epidemiology of ovine coccidiosis: effect of management at lambing. *Veterinary Record*, 124, 561-562.
79. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., y Anderson, R. E. (2009). Multivariate data analysis. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Hamilton D. 1987. Sometimes  $R^2 > r_{2yx1}^2 + r_{2yx2}^2$ : Correlated variables are not always redundant. *The American Statistician*, 41(2), 129-132.
80. Han, H. Y., Zhu, S. H., Jiang, L. L., Li, Y., Dong, H., Zhao, Q. P., Kong, C. L., y Huang, B. (2013). Molecular characterization and analysis of a novel calcium-dependent protein kinase from *Eimeria tenella*. *Parasitology*, 140(6), 746–755. <https://doi.org/10.1017/S0031182012002107>.
81. Harper, C. K., y Penzhorn, B. L. (1998). Seasonal occurrence of coccidia in a mixed herd of sheep and goats at Nebo, northern province, South Africa. *Journal of the South African Veterinary Association*, 69(3), 93–94. Doi: <https://doi.org/10.4102/jsava.v69i3.824>.
82. Harvey, K. M., Cooke, R. F., Colombo, E. A., Rett, B., de Sousa, O. A., Harvey, L. M., Russell, J. R., Pohler, K. G., y Brandão, A. P. (2021). Supplementing organic-complexed or inorganic Co, Cu, Mn, and Zn to beef cows during gestation: physiological and productive response of cows and their offspring until weaning. *Journal of Animal science*, 99(5), Doi: 10.1093/jas/skab095.
83. Hashemnia, M., Khodakaram-Tafti, A., Razavi, S. M., y Nazifi, S. (2011). Changing patterns of acute phase proteins and inflammatory mediators in experimental caprine coccidiosis. *The Korean Journal of Parasitology*, 49(3), 213–219. Doi: <https://doi.org/10.3347/kjp.2011.49.3.213>.
84. Hassan, A. A., El-Ashry, G. M., y Soliman, S. M. 2011. Effect of Supplementation of Chelated Zinc on Milk Production in Ewes. *Food and Nutrition Science*, 2, 706-713.

- 
85. Haug, A., Thebo, P., y Mattsson, J. G. (2007). A simplified protocol for molecular identification of *Eimeria* species in field samples. *Veterinary Parasitology*. May 15;146(1-2):35-45. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.12.015. Epub 2007 Mar 26. PMID: 17386979.
86. Hidalgo-Argüello MR, Cordero del Campillo M. (2001). Coccidiosis. En Cordero del Campillo M. 2001 Parasitología Veterinaria. Ed McGraw Hill. pp. 201-208.
87. Hidalgo Benítez, P. Cadena ovino caprina. Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas. (2020). Disponible en: <https://farmtable.com.au/build/dry-matter-intakes-for-various-classes-of-stock/>.
88. Idris, A., Moors, E., Sohnrey, B., y Gauly, M. (2012). Gastrointestinal nematode infections in German sheep. *Parasitology Research*, 110(4), 1453-14599. doi: 10.1007/s00436-011-2648-1. Epub 2011 Oct 7. PMID: 21979784; PMCID: PMC3305884.
89. Jacobson, C., Bell, K., Forshaw, D., y Besier, B. (2009). Association between nematode larvae and “low worm egg count diarrhoea” in Western Australia. *Veterinary Parasitology* 165:66-73.
90. Jafarpour, N., Khorvash, M., Rahmani, H.R., Pezeshki, A., y Hosseini, M. (2015). Dose-responses of zinc-methionine supplements on growth, blood metabolites and gastrointestinal development in sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 99(4): 668-675.
91. Jawasreh, K. I., Mukbel, R. M., Qader, A. A., y Mayras M. A. (2013). Coccidiosis in Awassi, Romanov, Charollais and Suffolk sheep breeds during the winter and summer seasons in Jordan. *International Journal of Applied Science and Technology*. 3(6), 10-15.
92. Jolley, W. R., y Barsley, K.D. (2006). Ruminant Coccidiosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. 22(3): 613-621
93. Kafsack, B. F., y Carruthers, V. B. (2010). Apicomplexan perforin-like proteins. *Communicative & Integrative Biology*, 3(1), 18–23. <https://doi.org/10.4161/cib.3.1.9794>.



- 
94. Kambe, T., Tsuji, T., Hashimoto, A., y Isumura, N. (2015). The Physiological, biochemical, and molecular roles of zinc transporters in zinc homeostasis and metabolism. *Physiological Research*, 95, 749-784. Doi: doi:10.1152/physrev.00035.2104.
95. Karlsson, L. J., y Greeff, J. C. (2012). Genetic aspects of sheep parasitic diseases. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 104-12. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.03.039. Epub 2012 Mar 28. PMID: 22525587.
96. Kaya, G. (2002). Prevalence of *Eimeria* species in Lambs in Antakya Province. *Turkish Journal of Veterinay and Animal Science*, 28, 687-692.
97. Keeton, S., y Navarre, C. B. (2018). Coccidiosis in Large and Small Ruminants. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 34(1), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.009>.
98. Kelley, G. L., y Hammond, D. M. (1972). Fine structural aspects of early development of *Eimeria ninakohlyakimovae* in cultured cells. *Zeitschrift fur Parasitenkunde (Berlin, Germany)*, 38(4), 271–284. <https://doi.org/10.1007/BF00329274>.
99. Khan, B.U., Bhat, P.N., y Garg, R.C. (1980). Prediction of lamb carcass composition and yield traits from live lamb and carcass traits. *Indian Journal of Animal Science*, 50 (9), 681-684.
100. Khan, T., Iqbal R. Z., Sajid, M. S., Ahmad, M., y Riaz, M. (2011). Prevalence and Associated Risk Factors of *Eimeria* in Sheep of Punjab, Pakistan. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 79, 43-447.
101. Khodakaram-Tafti A, Hashemnia, M. (2017). An overview of intestinal coccidiosis in sheep and goats. [Revue de Médecine Vétérinaire](#), 168(1-3), 9-20.
102. Kitabashi, C., Fukada, T., Kanamoto, M., Ohashi, W., Hojyo, S., Atsumi, T., Ueda, N., Azuma, I., Hirota, H., Murakami, M., y Hirano, T. (2017). Zinc suppresses Th17 development via inhibition of STAT3 activation. *International Immunology* 22(5), 375-386. Doi: 10.1093/intimm/dxq017.



- 
103. Kronsberg, S. L., y Malechek, J. C. (1997). Relationship between nutrition and foraging behavior of free-ranging sheep and goats. *Journal of Animal Sciences*, 75, 1759-1763.
104. Kumar, S., Dahiya, S. P., Malik, Z. S., y Patel, C. S. (2018). Prediction of body weight from linear body measurements in sheep from linear body measurements in sheep. *Indian Journal of Animal Research*, 52, 1263-1266.
105. Lang, M., Kann, M. M., Zahner, H., Taubert, A. y Hermosilla, C. (2009). Inhibition of host cell apoptosis by *Eimeria bovis* sporozoites. *Veterinary Parasitology*, 160, 25-33. Doi: 10.1016/j.vetpar.2008.10.100.
106. Le Bodo, E., Hornick, J-L., Moula, N., Zúñiga, S. A., y Martínez-Alfaro, J., C. (2020), Assessment of gastrointestinal parasites and productive parameters on sheep fed on a ration supplemented with *Guazuma ulmifolia* leaves in Southern Mexico. *Animals*, 19(9), 1617. <https://doi.org/10.3390/ani10091617>.
107. Levine, N. D. (1973). Protozoan Parasites of Domestic Animals and of Man, Second edition. Burgess Publishing Company, Minnesota, pp. 156-181.
108. Levine, N. D., Corliss, J. O., Cox, F. E., Deroux, G., Grain, J., Honigberg, B.M., Leedale, G. F., Loeblich, A. R. 3rd, Lom, J., Lynn, D., Merinfeld EG, Page, F. C, Poljansky, G., Sprague, V., Vavra, J., y Wallace, F. G. (1980). A Newly Revised Classification of the Protozoa. *Journal of Protozoology*, 27(1), 37-58.
109. Lima, J.D., (2004). Coccidiose dos ruminantes domésticos. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 13, 9 –13.
110. Liu, J.F., Li, X.L., Tian, Q.Y., *et al.* (1998). Correlation analysis of body weight and body size traits of Tangshan dairy goat. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 8, 6 –7.
111. Lizcano Herrera, J. y Romero Rodriguez, J. (1972). Contribución al estudio de las coccidiopatías del *Alectoris rufa* (L.). Descripción de la

- 
- Eimeria gonsalezi*, n. sp. y redescrición de la *Eimeria koifoidi*, Yakimoff y Matikashwili, 1936. *Revista Iberica de Parasitologia*, 32, 95-113.
112. Lopes, W D. Z., Borges, F. A., Faiolla, T. P., Antunes, L. T., Borges, D. G. L., Rodriguez, F. S., Ferraro, G., Texeira, W. F., Macel, W. G., Felippelli, G., da Costa, A. J., Pereira, V., y Martinez, A. C. (2013). *Eimeria* species in Young and adult sheep raised under intensive and / or semi-intensive systems of a herd from Umuarama city, Parana State, Brazil. *Ciencia Rural*, 43(1), 2031-2036.
113. López-Osorio, S., Chaparro-Gutiérrez, J. J., y Gómez-Osorio, L.M. (2020). Overview of Poultry *Eimeria* Life Cycle and Host-Parasite Interactions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. Doi: DOI=10.3389/fvets.2020.00384.
114. Luque, G. (1955). La *Eimeria intricata* Spiegl. Primera comunicacion. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 385-388.
115. Ma, F.T., Wo, Y, Q, L., Q. Shan, Q., Wei. J. Y., Zhao, S. G., y Sun, P. (2020). Zinc methionine acts as an anti-diarrheal agent by protecting the intestinal epithelial barrier in postnatal Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*, 270, artículo 114686 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114686>.
116. Maares, M., y Haase, H. (2016). Zinc and immunity: An essential interrelation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 611, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2016.03.022>.
117. Macedo-Barragán, R., Arredondo-Ruiz, V., Segura, C. H., Castillo-Zamora, P. (2021). Comparison of linear and nonlinear models to estimate body weight of Pelibuey ewes from body measurements. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 56. Doi: 10.1007/s11250-020-02515-z.
118. Mahieu, M., Naves, M., Arquet, R. (2011). Predicting the body mass of goats from body measurements. *Levistock Research for Rural Development*, 33(9), artículo 192. <http://www.lrrd.org/lrrd23/9/mahi23192.html>.

- 
119. Mallaki, M., Norouzian, M. A., y Khadem, A. A. (2015). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization, and plasma zinc status in lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1), 75-80. Doi: 10.3906/vet-140579.
120. Makau, D. N., Gitau, G. K., Muchemi, G. V., Thomas, L. F., Cook, E. A. J., Wardrop, N. A., Fevre, G. M., y de Glanville, W. A. (2017). Environmental predictors of bovine *Eimeria* infection in western Kenya. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 409 – 416. Doi: 10.1007/111250-016-1209-0.
121. Maqbool, I., Wani, Z. A., Shahardar, R. A., Allaie, I. M., y Shah, M. M. (2017). Integrated parasite management with special reference to gastrointestinal nematodes. *Journal of parasitic diseases official organ of the Indian Society for Parasitology*, 41(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s12639-016-0765-6>.
122. Maratea, K. A., y Miller, M. A. (2007). Abomasal coccidiosis associated with proliferative abomasitis in a sheep. *Journal of veterinary diagnostic investigation: official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 19(1), 118–121 Doi: <https://doi.org/10.1177/104063870701900>.
123. Marquardt, D. W. (1970). Generalized, inverses, ridge regression, biased linear estimation, and nonlinear estimation. *Technometrics*, 12(3), 591-612.
124. Martorelli Di Genova, B., y Knoll, L. J. (2020). Comparisons of the Sexual Cycles for the Coccidian Parasites *Eimeria* and *Toxoplasma*. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 10, 604897 Doi: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.604897>.
125. Martin, L. B., y Coon A. C. (2010). Infection protection and natural selection. *Science*, 330, 602–603. Doi: [10.1126/science.1198303](https://doi.org/10.1126/science.1198303).
126. Martins, N. S., Motta, S. P., Santos, C. C., Moreira, A. S., Farias, N. A. R. y Ruas, J. L. (2020). *Eimeria* spp. Infection in lambs from southern

- 
- Brazil. *Pesquisa Veterinary Brasileira*, 40 (11), 871-874. Doi: 10.1590/1678-5150-PVB-6745.
127. Martins, N. S., Motta, S. P., Santos, C. C., Moreira, A. S., Tainá, E., Farias, N., A., y da R., Lopes, J. (2022). Ovine *Eimeria* infections in southern Brazil prevalence and risk factors / Infecções por *Eimeria* em ovinos do sul do Brasil – prevalencia e fatores de risco. *Semina ciências Agrárias*, 43(1), 229-240.
128. Mason, P. (1977). Naturally acquired Coccidia infection in lambs in Otago. *New Zealand Veterinary Journal*, 25(1-2), 30–33. Doi: <https://doi.org/10.1080/00480169.1977.34345>.
129. Mavule, B. S., Muchenje, V., Bezuidenhout, C. C., y Kunene, N. W. (2013). Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements. *Small Ruminant Research*. 111 (1 –3), 23 –30. Doi: 10.1016/j.smallrumers.2012.09.008.
130. McDougald, L.R. (1979). Attempted cross-transmission of coccidian between sheep and goats and description of *Eimeria ovinoidealis* sp. *Journal of Eukariotic Microbiology*, 26, 109—113.
131. McKenna, P. B. (1972). The identity and prevalence of coccidia species in sheep and cattle in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 20(12), 225-228.
132. Meadows, J. R. S., Cemal, I., Karaca, O., Gootwine, E., y Kijas, J.W. (2007). Five ovine mitochondrial lineages identified from sheep breeds of the near East. *Genetics* 175: 1371–1379.
133. Meradi, S., y Bentounsi, B. (2021). Lamb's *Eimeria* infections raised in a steppic region and their impacts on clinical indicators (FAMACHA® and Disco). *Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology*, 45(3), 599–605. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01336-z>.
134. Miller, J.K., y Cragle, R.G. (1965). Gastrointestinal sites of absorption and endogenous secretion of zinc in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 48(3), 370-373.

- 
135. Miranda, K., de Souza, W., Plattner, H., Hentschel, J., Kawazoe, U., Fang, J., y Moreno, S. N. (2008). Acidocalcisomes in Apicomplexan parasites. *Experimental Parasitology*, 118(1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2007.07.009>.
136. Mohamaden, W. I., Sallam N. H., Abouelhassan, E. M. (2018). Prevalence of *Eimeria* species among sheep and goats in Suez Governorate, Egypt. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 6(1), 65-72. Doi: 10.1016/j.ijvsm.2018.02.004.
137. Moran, J. R., y Lewis, J. C. (1985). The effects of severe zinc deficiency on intestinal permeability: an ultrastructural study. *Pediatric Research*, 19(9), 968–973. <https://doi.org/10.1203/00006450-198509000-00020>.
138. More, B. V., Nikam, S. V., Deshmukh, N. Z., Bhamare, S. N., y Jaid, E. L. (2011). Percentage Prevalence of *Eimerian* Species Composition of Sheep and Goats from Beed District, Maharashtra. *Recent Search in Science and Technology*, 3(8), 24-26.
139. Moreno, D. C., y Grajales, H. A. (2017). Caracterización de los sistemas de producción ovinos de trópico alto en Colombia: manejo e indicadores productivos y reproductivos. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 64(3), 36-51. Doi: 10.15446/RFMVZ.v64N3.68693.
140. Mundt, H. C., Dittmar, K., Dauschies, A., Grzonka, E., y Bangoura, B. (2009). Study of the comparative efficacy of toltrazuril and diclazuril against ovine coccidiosis in housed lambs. *Parasitology research*, 105 Suppl 1, S141–S150. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1505-y>.
141. Muñoz, C. A., Campbell, A. J. D., Hemsworth, P. H., y Doyle, R. E. (2019). Evaluating the welfare of extensively managed sheep. *Plos One*, 16(6), e0218603. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218603>.
142. Noack, S., Chapman, H. D., y Selzer, P. M. (2019). Anticoccidial drugs of the livestock industry. *Parasitology Research*, 118(7), 2009–2026. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06343-5>.
143. Nsoso S., J., Aganga, A. A. A., Monganetsi, B. P., y Tshwehyane, S. O. (2013). Body weight, body condition score and heart girth in indigenous

- 
- Tswana goats during the dry and wet season in south Botswana livestock. *Research for Rural Development*, 15(4), artículo 32. <http://www.lrrd.org/lrrd15/4/nsos154.htm>
144. Nunn, C. L., Thrall, P. H., Leendertz, F. H., y Boesch, C. (2011). The spread of fecally transmitted parasites in socially-structured populations. *PloS one*, 6(6), e21677. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021677>.
145. Nuvor, S. V., Agyei, A. D., y Assoku, R. K. (1998). Oocyst counts in crossbred ewes under tree-crop plantation in the forest zone of Ghana. *Tropical Animal Health and Production*, 30(5), 279–285. Doi: <https://doi.org/10.1023/a:1005030601728>.
146. Olatunji-Akloye, A., y Adeyemo, O. K. (2009). Liveweight and Chest Girth Correlation in commercial sheep and goat herds in southwestern Nigeria. *International Journal of Morphology*, 27(1). Doi: 10.4067/S0717-95022009000100009.
147. Olmos, L.H., L.H., Colque Caro, L. A., Avellaneda-Cáceres, A., Medina, D. M., Sandoval, V., Aguirre, D. H., y, Micheloud J. F. (2020). First record of clinical coccidiosis (*Eimeria ovinoidalis*) in adult sheep from northwestern Argentina. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 21, 100429. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100429>.
148. Overbeck, S., Rink, L., y Haase, H., (2008). Modulating the immune response by oral zinc supplementation: a single approach for multiple diseases. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 56, 15 – 30. Doi: [doi.org/10.1007/s00005-008-0003-8](https://doi.org/10.1007/s00005-008-0003-8).
149. Paolo, M., Costa, C., Antonucci, F., Steri. R., Pallotino, F., y Castillo, G. (2014). A low-cost stereovision system to estimate size and weight of live sheep. *Computers and Electronic in Agriculture*, 103 (2), 33 –38. Doi: 10.1016/j.compag.2014.01.018.
150. Pastrana-Bonilla, R., y Calderón, O. C. (1996). El ovino criollo colombiano. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO1999001802>.

- 
151. Peek, H. W., y Landman, W. J. (2003). Resistance to anticoccidial drugs of Dutch avian *Eimeria* spp. field isolates originating from 1996, 1999 and 2001. *Avian pathology: journal of the W.V.P.A*, 32(4), 391–401. Doi: <https://doi.org/10.1080/0307945031000121149>.
152. Pellerdy, L. P. (1974). Coccidia and coccidiosis. 2th ed. Paul Parey, Berlin und Hamburg and Akadémiai Kiadó. Budapest. pp771-805.
153. Pettersson, E, Sjölund, M., Wallgren, T., Lind, E. O., Höglund, J. y Wallgren, P. (2021). Management practices related to the control of gastrointestinal parasites on Swedish pig farms. *Porcine Health Management*, 7(1), 12. Doi: <https://doi.org/10.1086/s40813-021-00193-3>.
154. Pinheiro, R. R., Alves, F. S. F., y Andrioli, A. (2002). Importância do diagnóstico precoce de doenças em pequenos ruminantes. Ministerio da Agricultura y da Abastecimento.
155. Pinilla, J. C., Flórez, P., Sierra, M. T., Morales, E., Sierra, R., Vásquez, M. C., Tobon, J. C., Sánchez, A., y Ortiz, D. (2018). Point prevalence of gastrointestinal parasites in double purpose cattle of Rio de Oro and Aguachica municipalities, Cesar state, Colombia. *Veterinary parasitology, regional studies and reports*, 12, 26–30. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2018.01.003>.
156. Pinilla León, J. C., Uribe Delgado, N., y Flórez, A. A. (2019). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle and sheep in three municipalities in the colombian northeastern mountain. *Veterinary World*, 12 (1),48-54. Doi: 10/14202/Vetworld.2019.48-54.
157. Platzer, B., Prosl, H., Cieslicki, M., y Joachim, A. (2005). Epidemiology of *Eimeria* infections in an Austrian milking sheep flock and control with diclazuril. *Veterinary Parasitology*, 129(1-2), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.11.031>.
158. Plummer, P. J., Hempstead, M. N, Shearer, J., y Lindquist, T. M. (2021). Evaluating the welfare of small ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 37(1), 33-54. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.11.001>.



- 
159. Pout, D. D. (1973). Coccidiosis of lambs. I. Observations on the Naturally Acquired infection. *British Journal of Veterinary*, 129(6), 555-567.
160. Pout D. D. (1976). Coccidiosis of sheep: a review. *The Veterinary Record*, 98(17), 340–341. Doi: <https://doi.org/10.1136/vr.98.17.340>.
161. Powell S. R. (2000). The antioxidant properties of zinc. *The Journal of nutrition*, 130(5S Suppl), 1447S–54S. Doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1447S>.
162. Prasad, A.S. (1973). Efficacy of Zinc supplementation on growth and IGF-1 in prepubertal children with idiopathic short statures and low serum zinc levels.
163. Prasad A. S. (2000). Effects of zinc deficiency on Th1 and Th2 cytokine shifts. *The Journal of infectious diseases*, 182 Suppl 1, S62–S68. Doi: <https://doi.org/10.1086/315916>.
164. Primary Industries and Regions South Australia. Calculating Dry Matter Intakes for various Classes of Stock. Consultado 18 de mayo 2013. Disponible en [https://pir.sa.gov.au/data/assets/pdf\\_file/0007/272869/Calculating\\_dry\\_matter\\_intakes.pdf](https://pir.sa.gov.au/data/assets/pdf_file/0007/272869/Calculating_dry_matter_intakes.pdf).
165. Pulido-Medellin, M. D., Chavarro-Tulcán, G. I. y Díaz-Amaya, A. M. (2020). Prevalence and risk factors of gastrointestinal parasites in sheep from Ubaté, Cundinamarca, Colombia. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*. 42, e098819. Doi: 10.29374/2777-2179.bjvm098819.
166. Radostits, O. M., Gay, C. C., Blood D. C., y Hinchcliff, K. W. (2002). *Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino*, 9 a ed, Saunders.
167. Rathnayake, K. M., Silva, K., y Jayawardena, R. (2016). Effects of zinc supplementation on obesity: study protocol for a randomized controlled clinical trial. *Trials*, 17(1), 534. doi: 10.1186/s13063-016-1651-3. PMID: 27814737; PMCID: PMC5097376.



- 
168. Reeg KL, Gauly M, Bauer C, Mertens C, Erhardt G, y Zahner H. 2005. Coccidial Infection in housed lambs: oocyst excretion, antibody levels and the genetic influence on the infection. *Veterinary Parasitology*, 127: 209-219. Doi: [10.1016/j.vetpar.2004.10.018](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.10.018).
169. Ricker, W.E. (1979) Growth rates and models. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R., Eds., *Fish Physiology, III, Bioenergetics and Growth*, Academic Press, New York, 677-743.
170. Riffkin, G. G., y Dobson, C. (1979). Predicting resistance of sheep to *Haemonchus contortus* infections. *Veterinary Parasitology*, 5 (4), 365-378. Doi:10.1016.0304-4017(79)90027-x.
171. Rodriguez, P., Darmon, N., Chappuis, P., Candalh, C., Blaton, M. A., Bouchaud, C., y Heyman, M. (1996). Intestinal paracellular permeability during malnutrition in guinea pigs: effect of high dietary zinc. *Gut*, 39(3), 416-422. Doi: <https://doi.org/10.1136/gut.39.3.416>.
172. Rommel M. (2000). Parasitos en des Nutzgeflügels (Huhn, Truthuhn, Gans, Ente, Taube). In: Rommel M, Eckert J, Kutzer E, Körting W, Schnieder T (eds) *Veterinärmedizinische Parasitologie*. Parey Buchverlag, Berlin, pp 673-774.
173. Rose, M. E., Hesketh, P., y Wakelin, D. (1994). Immunization against experimental coccidiosis produces contrasting results in inbred mice of differing susceptibility to infection. *Infection and Immunity*, 62(2), 733-737. Doi: <https://doi.org/10.1128/iai.62.2.733-737.1994>.
174. Ross, I. C. (1932). Observations on the resistance of sheep to infestations by the stomach worm, *Haemonchus contortus*. *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research*, 2 (5), 73-80.
175. Rucker, R. B., Fascetti, A. J. y Keen, C. L. (2008) Trace Minerals. En: Kaneko, J. J., Harvey, J. W. y Bruss, M. L. (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. (pags. 663-693). Academic Press. [Doi:10.1016/B978-0-12-370491-7.00022-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.00022-2).

- 
176. Saether, B. E., y Heim, M. (1993). Ecological correlates of individual variation in age at maturity in female moose: the effects of environmental variability. *Journal of Animal Ecology*, 62, 482-489.
177. Saleh Baberi, N.A., Karini, I., Nourani, H., Azizi, Alajive, H., y Razami, G. (2021). Parasitological and pathological findings coccidiosis in an experimental infection caused by *E. ahsata* in lambs. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology. Iranian Journal of Veterinary Parasitology*. 2021.13(2): 20-28. Doi: [10.22067/IJVST.2021.71247.1057](https://doi.org/10.22067/IJVST.2021.71247.1057).
178. Sánchez-Molano, E., Kapsona, V. V., Oikonomou, S., Melaren, A., Lambe, N., Conington, J., y Banos, G. (2020). Breeding strategies for animal resilience to weather variation in meat sheep. *BMC Genetics*, 21, artículo 116. Doi: 10.1186/s12863-020-00924-5.
179. Sand, H. (1998). Life history strategies in moose (*Alces alces*) geographical and temporal variation in body growth and reproduction. *Geographical and Temporal Variation in Body Growth and Reproduction*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Wildlife Ecology, Grimsö Wildlife Research Station. 1996
180. Saratsis, A., Joachim, A., Alexandros, S., y Sotiraki, S. (2011). Lamb coccidiosis dynamics in different dairy production systems. *Veterinary parasitology*, 181(2-4), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.04.027>.
181. Saratsis, A., Regos, I., Tzanidakis, N., Voutzourakis, N., Stefanakis, A., Treuter, D., Joachim, A., y Sotiraki, S. (2012). In vivo and in vitro efficacy of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) against *Eimeria* spp., in lambs. *Veterinary Parasitology*, 188,(1-2):1-9. Doi: 10.1016/j.vetpar.2012.03.014.
182. Saratsis, A., Karagiannis, I., Brozos, C., Kiossis, E., Tzanidakis, N., Joachim, A., y Sotiraki, S. (2013). *Veterinary Parasitology*, 196(1-2): 56-63. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.01.020>.
183. Schnitzler, B. E., Thebo, P. L., Tomley, F. M., Uggla, A., y Shirley, M. W. (1999). PCR identification of chicken *Eimeria*: a simplified read-out.

- 
- Avian Pathology, Journal of the W.V.P.A*, 28(1), 89–93. Doi: <https://doi.org/10.1080/03079459995091>.
184. Scott, M. E., y Koski, K. G. (2000). Zinc deficiency impairs immune responses against parasitic nematode infections at intestinal and systemic sites. *The Journal of Nutrition*, 130 (5S Suppl), 1412S–20S. Doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1412>.
185. Serrano Hernandez, A. (2009). Células Colaboradoras (Th1, Th2, Th17) y reguladoras (Treg, TH3, NKT) en la artritis reumatoide. *Reumatologia Clinica*, 5(S1): 1-5. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2008.11.012>.
186. Sevillano, G., Tapia, W., Loyola, A., Reyna-Bello, A., y Proaño-Pérez, F. (2019). Molecular characterization of *Eimeria* sp. from Galápagos giant tortoises (*Chelonoidis* spp). *Parasitology research*, 118(12), 3443–3447. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06507-3>.
187. Shankar, A. H., Genton, B., Baisor, M., Paino, J., Tamja, S., Adiguma, T., Wu, L., Rare, L., Bannon, D., Tielsch, J. M., West, K. P., Jr, y Alpers, M. P. (2000). The influence of zinc supplementation on morbidity due to *Plasmodium falciparum*: a randomized trial in preschool children in Papua New Guinea. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 62(6), 663–669. Doi: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2000.62.663>.
188. Shankar, A. H., y Prasad, A. S. (1998). Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. *The American journal of clinical nutrition*, 68(2 Suppl), 447S–463S. Doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/68.2.447S>.
189. Silva, R. M., Facury-Filho, E. J., Souza, M. F., y Ribeiro, M. F. (2011). Natural infection by *Eimeria* spp. in a cohort of lambs raised extensively in Northeast Brazil. *Revista brasileira de parasitologia veterinaria = Brazilian journal of veterinary parasitology: Orgao Oficial do Colegio Brasileiro de Parasitologia Veterinaria*, 20(2), 134–139. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1984-29612011000200008>.

- 
190. Slippers, S. C., Letty, B. A., y Villiers, F. J. (2000). Prediction of the body weight of Nguni goats. *South African Journal of Animal Science*, 30 (S1), 127-128.
191. Simões Cortinhas C. (2009). Fornecimento de Zinco, Cobre e Selênio Orgânicos para vacas leiteiras e efeitos sobre a qualidade do leite e saúde da glândula mamaria. Universidade de São Paulo. Tesis de grado. 89p.
192. Skirnisson, K. (2007). *Eimeria* spp. (Coccidia, Protozoa) infections in a flock of sheep in Iceland: Species composition and seasonal abundance. *Icelandic Agricultural Science*, 20, 73-80.
193. Skirnisson, K., y Hanson, H. (2006). Causes of diarrhea in lambs during autumn and early winter in an Icelandic flock of sheep. *Icelandic Agricultural Science*, 19, 43-57.
194. Skrovaneck, S., DiGuilio, K., Bailey, R., Hurtington, W., Urbas, R., Mayilvaganan. B., Giancarlo, M., y Mullin, J. M. (2014). Zinc and gastrointestinal disease. *World's Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*, 15(4), 496-513.
195. Souza, L. E.B., Cruz, J. F., Neto, M. R. T., Albuquerque, G. R., Melo, A. D.B., y Tapia, D. M.T. (2015). Epidemiology of *Eimeria* infections in sheep raised extensively in a semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 24(4), 410-415. Doi: 10.1590/S1984-29612015070.
196. Spears J. W. (1989). Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. *Journal of Animal Science*, 67(3), 835–843. <https://doi.org/10.2527/jas1989.673835x>.
197. Squitti, R., Pal, A., Picozza, M., Avan, A., Ventriglia, M., Rongioletti, M. C., y Hoogenraad, T. (2020). Zinc Therapy in Early Alzheimer's Disease: Safety and Potential Therapeutic Efficacy, *Biomolecules*, 10(8), 1164. Doi: <https://doi.org/10.3390/biom10081164>.
198. Steinhein, G., Weladji, R. B., Skogan, T., Adnøy, T., Skjelvåg, A. O., y Holand, O. (2004). Climatic variability and effects on ungulate body

- 
- weight. The case of domestic sheep, *Annales Zoologici Fennici*, 41, 525-539.
199. Stewart, W.C., Scasta, J.D., Taylor J.B., Murphy, T.W., y Julian, A.A.M. (2021). Mineral nutrition considerations for extensive sheep production systems. *Applied Animal Science* 37(3): 256-272. Doi: [doi.org/10.15232/aas.2021-02143](https://doi.org/10.15232/aas.2021-02143)
200. Strnadová, P., Svobodová, V., Pavlata, L., Misurová, L., y Dvorak, R. (2011). Effect of inorganic and organic Zinc supplementation on coccidial infection in goat kids. *Acta Veterinaria Brno*, 80,131-137; doi:10.2754/avb201180020131.
201. Striepen, B., Jordan, C. N., Reiff, S. y van Dooren, G. G. (2007). Building the Perfect Parasite: Cell division in Apicomplexa. *Plos Pathogens*, 3(6), e78. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0030078>.
202. Strnadová, P., Svobodová, V., Pavlata, L., Misurová, L., y Dvorak, R. (2011). Effect of inorganic and organic Zinc supplementation on coccidial infection in goat kids. *Acta Veterinaria Brno*, 80,131-137; doi:10.2754/avb201180020131
203. Szuba-Trznadel, A.; Rzesutka, A.; Hikawczuk, T.; Fuchs, B. (2021). Effect of Zinc Source and Level on Growth Performance and Zinc Status of Weaned Piglets. *Animals* 2021, 11, 2030. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani110720>.
204. Tasci, S., Sengil, A. Z., Altindis, M., y Arisoy, K. (1995). The effect of Zinc supplementation in experimentally induced *Toxoplasma gondii* infection. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 25(3), 745-751. PMID: 8586868.
205. Taylor, M. A. (1995). Diagnosis control coccidiosis in sheep. *In Practice*, 17, 172-177.
206. Taylor, M. A., Marshall, R. N., Marshall, J. A., Catchpole, J., y Bartram, D. (2011). Dose-response effects of diclazuril against pathogenic species of ovine coccidia and the development of protective immunity. *Veterinary*

- 
- Parasitology*, 178(1-2), 48–57. Doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.12.024>.
207. Taylor, S. M., O'Hagan, J., McCracken, A., McFerran, J. B., y Purcel, D. A. (1973). Diarrhoea in intensively-reared lambs. *Veterinary Records*, 93, 461-464.
208. Taylor, M. A., Catchpole, J., Marshall, J., Marshall, R. N., y Hoeben, D. (2003). Histopathological observations on the activity of diclazuril (Vecoxan) against the endogenous stages of *Eimeria crandallis* in sheep. *Veterinary Parasitology*, 116(4), 305–314. Doi:  
[https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(03\)00256-5](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(03)00256-5).
209. Taylor, M. A., Marshall, R. N., Marshall, J. A., Catchpole, J., y Bartram, D. (2011). Dose-response effects of diclazuril against pathogenic species of ovine coccidia and the development of protective immunity. *Veterinary Parasitology*, 178(1-2), 48–57. Doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.12.024>.
210. Temoso, O., Coleman, M., Baker, D., Morley, P., Baleseng, L., Makgekgenene, A., y Bahta, S. (2017). Using path analysis to predict body weight from body measurements of goats and sheep of Botswana. *South African Journal of Animal Science*, 47(6), 854-863.
211. Thamsborg, S. M., Roepstorff, A., y Larsen, M. (1999). Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Veterinary Parasitology*, 84(3-4), 169–186. Doi:  
[https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(99\)00035-7](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(99)00035-7).
212. Tomczuk, K., Grzybek, M., Szczepaniak, K., Studzińska, M., Demkowska-Kutrzepa, M., Roczeń-Karczmarz, M., y Klockiewicz, M. (2015). Analysis of intrinsic and extrinsic factors influencing the dynamics of bovine *Eimeria* spp. from central-eastern Poland. *Veterinary Parasitology*, 214(1-2), 22–28.  
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.09.027>.

- 
213. Thomson, B.C., Muir, P.D., y Smith, N.B. (2004). Litter size, lamb survival, birth and twelve-week weight in cross-bred ewes. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 66, 233-237.
214. Toulah, F. (2007). Prevalence and comparative morphological study of four *Eimeria* sp. in Sheep in Jeddah area, Saudi Arabia. *Journal of Biological Science*, 7(2),13-416. Doi: 10.3923/jbs.2007.413.416.
215. Trejo-Huitron, G., Bautista-Gómez, L. G., Martínez-Castañeda, J. S., Romero-Núñez, C., Trejo-Castro, L., y Espinosa-Ayala, E. (2020). Morphological characterization and first molecular identification of the eleven *Eimeria* species that infect sheep from Mexico. *Parasitology Research*, 119, 115-122. <https://doi.org/10.1007/s00436->.
216. Tyzzer, E. E., Theiler, H., y Jones, E. E. (1932). Coccidiosis in gallinaceous birds II. A comparative study of species of *Eimeria* of the chicken. *The American Journal of Hygiene*. (1932); *American Journal of Epidemiology*, 15 (2), 319–393. Doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a117823>.
217. Underwood, E. J., y Suttle, N. F. (1999). In "The Mineral Nutrition of Livestock" (3rd ed.), Midlothian, UK.
218. Underwood, E. J., y Somers, M. (1969). Studies of zinc nutrition in sheep. 1. The relation of zinc to growth, testicular development and spermatogenesis in young rams. *Australian Journal of Agricultural Research*, 20, 889–897.
219. Underwood, W. J., Blauwiel, R., Delano, M., Gillesbg, R., Mischler, S., y Schoell, A. (2015). *Biology and Diseases of Ruminants (sheep, goats and cattle*, capítulo 15. (pags. 623-694) En: *Laboratory Animal Medicine*. Elsevier.
220. Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, A.M., y Jennings, F.W., (1996). *Veterinary Parasitology*. Blackwell Science, Oxford, U.K. 307p.

- 
221. Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., y Jennings, F. W. (1998). Protozoología veterinaria. En: Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., Jennings, F. W. Parasitología Veterinaria. Ed Acribia S.A.
222. Valdez, E. (2006). Estudio observacional de las parasitosis gastrointestinales en ovinos y caprinos del Municipio de Tiquicheo, Michoacán. Tesis de pregrado. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
223. Valenzuela, G., Quintana, I., y González, E. (1988). Epidemiología de coccidias (Protozoa: Eimeriidae) en ovinos en sistemas de silvopastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 20(1), 51-56.
224. Vargas Duarte, J. J. (2016). *Epidemiology and control of gastrointestinal parasite infections in wool sheep adapted to tropical andes high altitude conditions*. Tesis de doctorado no publicada. University of Namur Faculty of Sciences.
225. Varghese, T., y Yayabu, R. (1984/85). Ovine Coccidia in Papua New Guinea. *Veterinary Parasitology*, 17(181-191).
226. Vasilková, Z., Krupicer, I., Légath, J., Kovalkovičová, N., y Pet'ko, B. (2004). Coccidiosis in Small Ruminants in various regions of Slovakia. *Acta Parasitologica*, 49(4), 272-27.
227. Vercruysse J (1982) The coccidia of sheep and goats in Senegal. *Veterinary Parasitology*, 10,297–30.
228. Vercruysse J, Charlier J, Dorny P, y Claerebout E. (2006). Diagnosis of helminth infections in cattle: Were we wrong in the past. 2006. WORLD BUIATRICS CONGRESS – NICE. FRANCE.
229. Vrzgula L, Alijev A.A., Barej W, Bartko P, Bouda J, Dvorák R, y Garbaranski P. (1990). Disorders of Substance Metabolism of Farm Animals and Prevention Thereof (in Slovak), 2nd Edition, Bratislava, Príroda, p. 503.
230. Wang, C. R., Xiao, J. Y., Chen, A. H., Chen, J., Wang, Y., Gao, J. F., y Zhu, X. Q. (2010). Prevalence of coccidial infection in sheep and goats



- 
- in northeastern China. *Veterinary Parasitology*, 174(3-4), 213–217. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.08.026>.
231. Wedekind, K. J., Hortin, A. E., y Baker, D. H. (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *Journal of Animal Science*. 70(1), 178–187. Doi: <https://doi.org/10.2527/1992.701178x>.
232. Weladji, R. B., Klein, D. R., Holand O., y Mysteruce, A. (2002). Comparative response of *Rangifer tarandus* and other northern ungulates to climatic variability. *Rangifer*, 22, 33-50.
233. Wilber, P.G., Duszynski, D.W., Upton, S.J., Seville, R.S., y Corliss, J.O. (1998). A revision of the taxonomy and nomenclatura of the *Eimeria* spp. (Apicompleta: Eimeriidae) from rodents in the Tribe Marmotini (Sciuridae). *Systematic Parasitology*, 39, 135-135. Doi: [doi.org/10.1023/A:1005914010087](https://doi.org/10.1023/A:1005914010087).
234. Worku, A. (2019). Body weight had highest correlation coefficient with under the same farmers feeding conditions for Arsi Bale sheep. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 5(1), 6-12
235. Yakhchali, M., y Golami, E. (2008). *Eimeria* infection (Coccidia: Eimeriidae) in sheep of different age groups in Sanandaj city, Iran. *Veterinarski Arhives*, 78(1).
236. Yakhchali, M., y Zarei, M. R. (2008). Prevalence of *Eimeria* infection in sheep of Tabriz suburb, Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 9(3),277-280.
237. Yaman, Y., Aymaz, R., Keles, M., Bay, V., Özüüclü, M., y Senlik, B. (2021). Association between ovine Toll-like receptor 4 (TLR-4) coding variants and presence of *Eimeria* sp. in naturally infected adult Turkish native sheep. *Animal Biotechnology (Ani Biotech)*, 32(3), 375-380. Doi: [10.1080/10945.398.202.1824921](https://doi.org/10.1080/10945.398.202.1824921).
238. Yang, R., Brice, B., Ryan, U., y Bennett, M. D. (2013). *Eimeria tiliquae* n. sp. (Apicomplexa: Eimeriidae) from the shingleback skink (*Tiliqua*

---

*rugosa rugosa*). *Experimental Parasitology*, 133(2), 144–149. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2012.11.012>.

239. Yang, R., Jacobson, C., Gardner, G., Carmichael, I., Campbell, A. J., y Ryan, U. (2014). Longitudinal prevalence, oocyst shedding and molecular characterisation of *Eimeria* species in sheep across four states in Australia. *Experimental Parasitology*, 145, 14–21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2014.06.018>.