



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
LICENCIATURA EN MICROBIOLOGÍA



Frecuencia e identificación de especies de *Eimeria* en caprinos localizados en dos municipios de Querétaro

TESIS

Que como parte de los requerimientos para obtener el grado de Licenciada en
Microbiología

PRESENTA

Edith Valeria Piña Núñez

DIRIGIDO POR

Dra. Nerina Patricia Veyna Salazar

ASESORES

MSPAS. Roberto Ilwikatzin Guerrero Solorio

Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón

Dra. Bertha Isabel Carvajal Gamez

Santiago de Querétaro, Qro...



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Frecuencia e identificación de especies de Eimeria en
caprinos localizados en dos municipios de Querétaro

por

Edith Valeria Piña Núñez

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](#).

Clave RI: CNLIN-256188



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
LICENCIATURA EN MICROBIOLOGÍA

Frecuencia e identificación de especies de *Eimeria* en caprinos localizados en dos municipios de Querétaro

TESIS

Que como parte de los requerimientos para obtener el grado de Licenciada en Microbiología

PRESENTA

Edith Valeria Piña Núñez

DIRIGIDO POR

Dra. Nerina Patricia Veyna Salazar

SINODALES

Dra. Nerina Patricia Veyna Salazar
Presidente

FIRMA

MSPAS. Roberto Ilwikatzin Guerrero Solorio
Secretario

FIRMA

Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón
Vocal

FIRMA

Dra. Bertha Isabel Carvajal Gamez
Vocal

FIRMA

Dr. José Guadalupe Gómez Soto
Director de la Facultad de Ciencias Naturales

Santiago de Querétaro, Qro...

RESUMEN

Eimeria es un protozooario apicomplejo causante de la coccidiosis en caprinos, su distribución es mundial y puede afectar a diversos hospedantes, sin embargo, tiene especificidad para cada especie, es decir las especies que afectan a los ovinos no pueden afectar a los caprinos. Hasta el momento se han descrito 10 especies de *Eimeria* que afectan a los caprinos. El ciclo de vida de este protozooario se lleva a cabo en el intestino del huésped y consta de dos fases, la exógena y endógena, cuya duración puede ser de 2 a 4 semanas y su transmisión ocurre por medio de la ingesta de los oocistos esporulados, desarrollando la enfermedad conocida como coccidiosis, la cual puede presentarse de forma aguda o crónica. La principal característica de la coccidiosis es la diarrea, llegando a ser hemorrágica en algunos casos dependiendo de la especie que esté afectando, provocando muerte en animales jóvenes. En México, la producción caprina corresponde a un 80% de las actividades en zonas rurales, por lo que los problemas parasitarios son de gran importancia para este sector, debido a las prevalencias que oscilan entre el 50 al 99%.

El presente es un estudio transversal con un muestreo por conveniencia, se recolectaron 117 muestras de animales que provenían de 6 unidades de producción caprina localizadas en dos municipios de Querétaro. Para cada muestra se realizó el análisis coproparasitoscópico mediante la técnica de flotación por McMaster. Se obtuvo una frecuencia del 64%

Con base en las características morfológicas se lograron identificar 10 especies de *Eimeria*. *E. alijevi* 21%, *E. arloingi* 19%, *E. ninakohlyakimovae* 18.3%, *E. jolchijevi* 14.5%, *E. caprina* 8.3%, *E. caprovina* 8.1%, *E. hirci* 3.3%, *E. christenseni* 3.2%, *E. aspheronica* 2.1% y *E. kocharli* 0.5%

Palabras clave: *Eimeria*, caprinos, Querétaro, México

SUMMARY

Eimeria is an apicomplexan protozoan that causes coccidiosis in goats, its distribution is worldwide and it can affect several hosts, however, it has specificity for each species, the species that affect sheep cannot affect goats. To date, 10 species of *Eimeria* in goats have been described. The life cycle of this protozoan takes place in the intestine of the host and consists of two phases, exogenous and endogenous, whose duration can be from 2 to 4 weeks and its transmission occurs through the ingestion of sporulated oocysts, developing the disease known as coccidiosis, which can occur acutely or chronically. The main characteristic of coccidiosis is diarrhea, becoming hemorrhagic in some cases depending on the species, causing death in young animals. In Mexico, goat production accounts for 80% of the activities in rural areas, so parasitic problems are of great importance for this sector, due to prevalences ranging from 50 to 99%.

This is a cross-sectional study with a convenience sampling, 117 samples were collected from animals coming from 6 goat production units located in two municipalities of Querétaro. For each sample, coproparasitoscopic analysis was performed using the McMaster flotation technique. A frequency of 64% was obtained. Based on morphological analysis, 10 species of *Eimeria* were identified. *E. alijevei* 21%, *E. arloingi* 19%, *E. ninakohlyakimovae* 18.3%, *E. jolchijevi* 14.5%, *E. caprina* 8.3%, *E. caprovina* 8.1%, *E. hirci* 3.3%, *E. christenseni* 3.2%, *E. aspheronica* 2.1% and *E. kocharli* 0.5%.

Key words: *Eimeria*, goats, Querétaro, Mexico.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi directora de tesis la Dra. Nerina Patricia Veyna Salazar por apoyarme y capacitarme en este tema.

Agradezco a mi comité tutorial: MSPAS. Roberto Ilwikatzin Guerrero Solorio, Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón, Dra. Bertha Isabel Carvajal Gamez por el apoyo en la revisión del trabajo.

Agradezco a cada uno de los pequeños ganaderos que hicieron posible la recolección de muestras para poder llevar a cabo este proyecto.

Gracias a los docentes que estuvieron presentes a lo largo de la licenciatura por compartir conmigo todo su conocimiento y experiencia.

DEDICATORIA

A mi familia, por ser mi apoyo durante todo este trayecto, por todo su amor y consejos.

A mi mamá Eneyda, por ser el más grande apoyo que tengo en la vida, por todo el amor y paciencia que me das. Por siempre creer en mí, por apoyarme en todo, por ser mi maestra de vida.

A mi abuelito Toño, porque eres como un papá para mí. Porque siempre has creído y confiado en mí. Gracias por todo lo que me has enseñado, por todo tu cariño y consejos.

A mi directora de tesis, Dra. Nerina Patricia Veyna Salazar por brindarme su amistad y cariño, pero sobre todo por la gran paciencia que tuvo durante la realización del proyecto. Gracias por todo el aprendizaje que me brindaste.

A Fer, porque hiciste esta aventura llamada carrera más fácil, por convertirte en mi cómplice, mi mejor amiga, mi hermana. Sabes lo mucho que te adoro, lo especial que eres para mí y la importancia que tienes en mi vida. Gracias por todo tu apoyo, consejos, por ser la amiga que siempre desee, el haberte conocido y tu amistad es lo mejor que me paso durante este camino.

A Edo, por tu sincera amistad y tu gran cariño, por siempre estar en los momentos más difíciles y también en todos los buenos. Gracias por todos tus consejos, tu apoyo y cariño.

A mi hermana, por hacer cada día más divertido con sus chistes y ocurrencias, por siempre acompañarme y ser mi cómplice.

A mi papá, por todo su apoyo durante esta etapa.

ÍNDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Agradecimientos	iii
Dedicatoria	iv
Índice	v
Índice de Cuadros	vi
Índice de Figuras	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Generalidades	2
2.2 Agente etiológico	3
2.2.1 Taxonomía	6
2.2.2 Especies de <i>Eimeria</i> en cabra	7
2.2.3 Ciclo de vida	10
2.3 Patogénesis	13
2.3.1 Mecanismos desencadenados por la enfermedad.	14
2.4 Signos clínicos	15
2.5 Lesiones	15
2.6 Tratamiento y prevención	16
3.1 Prevalencia de <i>Eimeria</i> en el mundo	17
3.2 Prevalencia en México	18
III. HIPOTESIS	20
IV. OBJETIVOS	21
V. MATERIAL Y MÉTODOS	22
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
VII. CONCLUSIÓN	32
VIII. BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Principales especies de <i>Eimeria</i> spp. en caprinos y sus características.	10
2	Comparación de la frecuencia de <i>Eimeria</i> spp, promedio de oocistos y número de animales por unidad de producción.	28
3	Distribución de frecuencia de especies de <i>Eimeria</i> por unidad de producción.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Características morfológicas de un oocisto de <i>Eimeria</i> .	6
2	Oocistos esporulados de las diferentes especies de <i>Eimeria</i> en caprinos.	8
3	Ciclo biológico de <i>Eimeria</i>	13
4	Mapa del estado de Querétaro, resaltando los municipios muestreados.	22
5	Dimensiones de la cámara de McMaster.	24
6	Oocisto con medidas determinadas mediante el Software ISC	26
7	Especies de <i>Eimeria</i> con capsula polar.	29
8	Especies de <i>Eimeria</i> sin capsula polar.	30

I INTRODUCCIÓN

México es el décimo primer país en importancia de ganado caprino, la crianza de estos animales se ha convertido en una necesidad para pequeños productores de escasos recursos debido a que son capaces de reproducirse en condiciones pobres de vegetación, y alimentarse con vegetación espinosa, lo que hace ideal su pastoreo libre. Un obstáculo para los productores son los parásitos que el animal puede adquirir, entre ellos *Eimeria*, que causa diarrea, debilidad, baja conversión alimenticia, provocando pérdidas económicas e incluso la muerte del animal dependiendo de la especie de parásito que se encuentra presente.

La coccidiosis caprina es una enfermedad de distribución mundial producida por un protozoario del género *Eimeria*. Se caracteriza por diarreas marcadas, presencia de moco, deshidratación, inapetencia e inanición, principalmente en animales jóvenes. Su patogenicidad guarda estrecha relación con la especie que este afectando al animal por lo que en algunos casos tenemos cuadros clínicos severos y en otros puede no presentarse manifestaciones clínicas.

Los oocistos son muy resistentes al medio ambiente; sin embargo, su temperatura óptima oscila entre los 18-27°C teniendo un mejor desarrollo en ambientes húmedos. Si bien las especies de *Eimeria* que afectan a caprinos son muy similares morfológicamente a las que afectan a los ovinos, no deben de ser confundidas, ya que este género de parásito presenta especificidad por especie, es decir aquellas especies que se encuentran presentes en caprinos no pueden afectar a ovinos y viceversa.

Si bien la eimeriosis es una de las principales enfermedades que causan pérdidas económicas considerables en el ganado caprino, en México no existen suficientes estudios señalen a las especies responsables.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

La coccidiosis en caprinos es causada por el protozooario apicomplejo perteneciente al género *Eimeria*, esta parasitosis intestinal es frecuente a nivel mundial. La distribución es global, mientras que la tasa de infección llega a 90% en ciertas zonas (Diao et al., 2022). Su importancia radica en las afecciones que se presentan en la industria ganadera en las zonas rurales, así como en regiones semiáridas (Silva et al., 2014)

La principal característica de esta parasitosis es la diarrea, aunque se tienen otros signos clínicos como lo es la pérdida de peso y letargo. La gravedad de la enfermedad depende del número de oocistos ingeridos. Su acción patógena primordial es la destrucción celular que deriva de los ciclos de reproducción asexual y sexual de su ciclo endógeno (Stockdale, 1980). *Eimeria* tiene especificidad con respecto a sus hospedantes, situación que se hace evidente en la descripción de las especies que afectan a caprinos y afectan a ovinos (Diao et al., 2022).

La presencia de los coccidios está en todas las ganaderías de rumiantes, esto no significa que en todas se desarrolle la enfermedad. No se sabe con exactitud que mecanismos desarrollan la coccidiosis patente, lo que se conoce son los factores de riesgo como el estrés por el destete, problemas de mastitis, ubres sucias, cambio en la dieta, viajes o reagrupamientos (Deger et al., 2003). La coccidiosis clínica ocurre principalmente en las cabras jóvenes, debido a que son más susceptibles entre las 2 semanas y 4 meses de vida (Ruíz et al., 2006). Por el contrario, los animales adultos se vuelven resistentes luego de sobrevivir al período crítico, convirtiéndose en portadores inaparentes del parásito (Dauguschies & Najdrowski, 2005).

Muchas de las infecciones en cabras ocasionadas por *Eimeria*, pueden ser asintomáticos. Es importante mencionar que las especies consideradas más

patógenas son *E. ninakohlyakimovae*, *E. arloingi*, *E. christenseni* y *E. caprina* por su ciclo biológico (Viera et al., 1997; Ruiz et al. 2006; Silva et al. 2014; Bawm et al., 2020). Las especies que causan coccidiosis con mayor frecuencia son *E. arloingi*, *E. ninakohlyakimovae* y *E. caprina* (Deger et al., 2003; Mohamaden et al., 2018).

2.2 Agente etiológico

Eimeria es un protozoario perteneciente al filo Apicomplexa, subclase Coccidiana (Bawm & Lat Htun, 2021; Burrell et al., 2020). Los apicomplejos son parásitos intracelulares obligados durante la fase proliferativa (Chapman, 2014). Se caracterizan por presentar un polo apical, el cual se observa durante las diferentes fases infectantes del ciclo de vida (Jolley & Bardsley, 2006). El nombre de los Apicomplexa proviene del complejo de orgánulos localizados en el extremo apical, que se encargan de la penetración celular (Ryan & Ray, 2017).

El complejo apical se encarga de brindar orientación al parásito, dentro se encuentran elementos como la actina y miosina que proporcionan la motilidad para llevar a cabo la invasión celular (Katris et al., 2014) (Striepen et al., 2007). Los orgánulos integrados en esta zona son las roptrias, las micronemas y complejos microtubulares (Ryan & Ray, 2017). Los micronemas y roptrias se encargan de la secreción de moléculas esenciales para la supervivencia en el interior de la célula. (Morrissette & Sibley, 2002). Específicamente, las roptrias secretan proteínas que actúan en la adhesión a la membrana celular (Blackman & Bannister, 2001). Los complejos micro tubulares sirven para el anclaje y proporciona estabilidad (Morrissette & Sibley, 2002).

Esta subclase se encuentra conformada por parásitos intracelulares obligados que son importantes en el área de salud humana y veterinaria (Burrell et al., 2020)

Los oocistos excretados por las heces de animales infectados, se emplean empleados para realizar la diferenciación entre las distintas especies de *Eimeria* con base a las características morfológicas (Matos, 2015). Los criterios utilizados para diferenciar entre especies incluyen la forma y tamaño del oocisto y esporozoitos, la presencia de la capa del micropilo, los residuos dentro de los oocistos o esporocistos y el tiempo de esporulación (Levine, 1986)

Morfológicamente el oocisto puede ser oval o esférico (Figura 1). La estructura básica del oocisto consiste en la pared, la cual se encuentra conformada por dos capas distintas, dichas capas se encuentran rodeadas por una membrana externa quitinosa, también llamada velo externo y presentan un contorno doble bien definido. En oocistos maduros aislados de heces, se encuentra ausente (Belli et al., 2006; Mai et al., 2009). La textura de la pared del oocisto exterior puede variar de rugoso a liso, es considerada una característica importante ya que puede ser de ayuda para la diferenciación de las especies de *Eimeria* (Albuquerque et al., 2008; Casas et al., 1995). Algunas especies de *Eimeria* muestran en un extremo una apertura llamada micrópilo, el cual puede ser cubierto por la pared interna que se extiende sobre la pared externa como un capuchón este se conoce como capsula polar (Long & Joyner, 1984).

El micrópilo es definido como una discontinuidad que está presente en una de las capas de la pared. Dicha característica se puede observar en ambas capas, en la interna o externa (Mohammed et al., 2012; Ramirez et al., 2008). En algunos casos, el micrópilo simula estar cubierto por una tapa. Esta tapa provee protección a aquellas regiones discontinuas (Arslan et al., 2002; Silva & Lima, 1998).

El color es una característica notable y empleada en la descripción de la pared de los ooquistes. Dicha característica también ha sido utilizada para la diferenciación de especies (Bennett & Hobbs, 2011; Dauschies et al., 1999). Sin embargo, es importante mencionar que dichos colores pueden ser el resultado del

tiempo de exposición a conservantes, intensidad de la luz o filtro empleado en la microscopía (Nowell & Higgs, 1988).

El residuo del oocisto se encuentra localizado entre los esporocistos. Esta estructura se encuentra compuesta por una masa regular y compacta, o irregular de gránulos (El-Shahawi et al., 2012; Modrý et al., 2005). El gránulo polar se encuentra localizado entre los esporocisto y a comparación del residuo del oocisto es más pequeño. La forma de esta estructura es variable en las especies y presentarse como astillas o comas (Berto et al., 2009)

El residuo de esporocisto puede parecer una estructura que se encuentra difusa entre los esporozoítos, o puede observarse como una masa compacta de gránulos. Esta masa compacta puede llegar a estar rodeada por una membrana (Berto et al., 2009; Silva et al., 2014)

Los esporozoitos poseen unas estructuras llamadas cuerpos refráctiles. Estos cuerpos pueden ser únicos o aparecer en par, y su forma puede ser alargada o subesférica. El núcleo se va a localizar en el centro del esporozoito (Lopes et al., 2014).

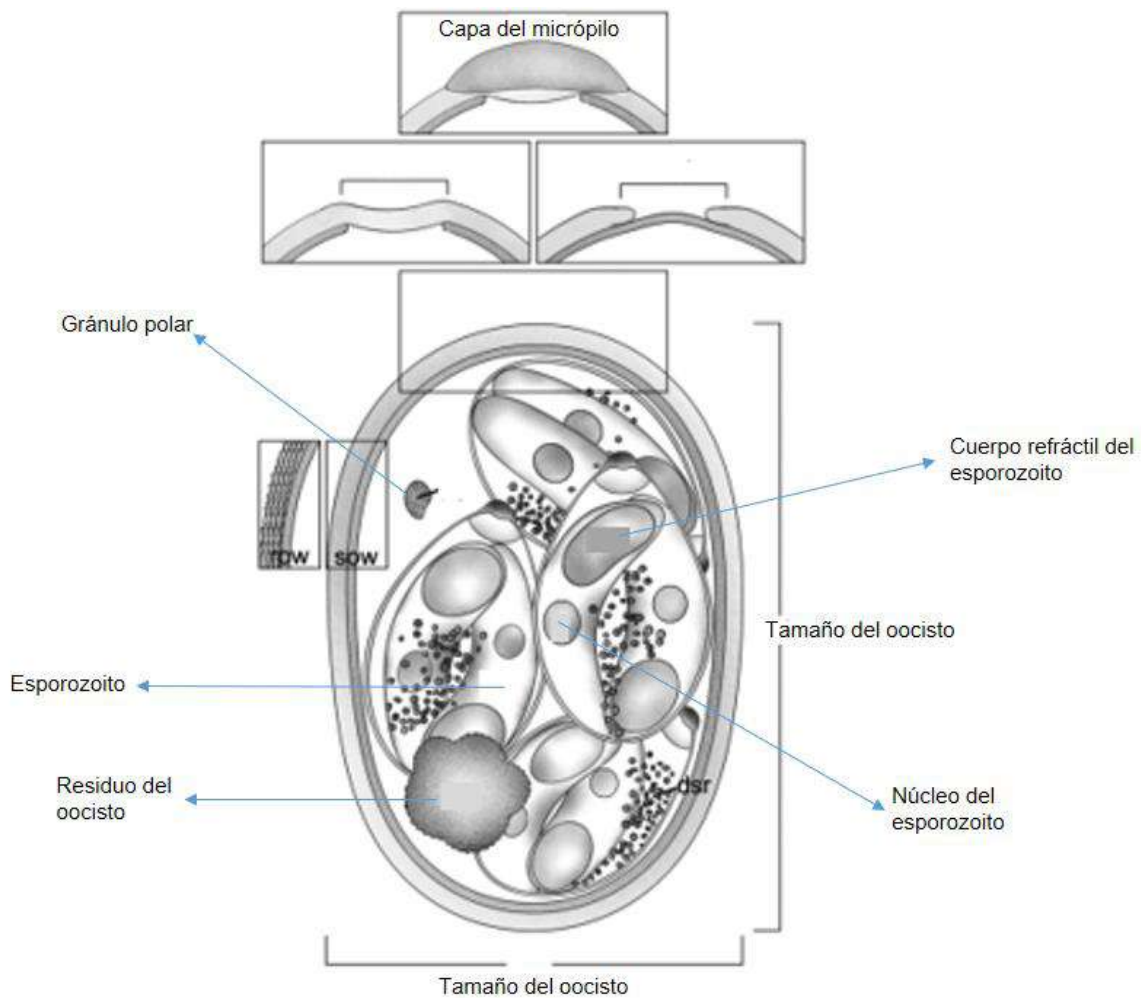


Figura 1. Características morfológicas de un oocisto de *Eimeria*.
 Modificado de (Berto et al., 2009)

2.2.1 Taxonomía

La clase Coccidia contiene parásitos que afectan a vertebrados, sin embargo, en veterinaria su importancia radica en dos grupos de familia distintos, la Eimeriidae y la Sarcocystidae. Cuando se habla de coccidiosis usualmente se refiere al género *Eimeria*, Taylor et al, (2007) reportara el siguiente orden taxonómico para este protozoario:

Reino: Protista

Phylum: Apicomplexa

Clase: Sporozoa

Orden: Eucoccidiorida

Suborden: Eimeriorina

Familia: Eimeriidae

Género: *Eimeria*

2.2.2 Especies de *Eimeria* en caprinos

Los coccidios son parásitos homoxenos, lo cual significa que llevan a cabo la reproducción asexual y sexual dentro del mismo huésped. Por mucho tiempo las especies de *Eimeria* en ovinos y caprinos han sido consideradas como idénticas, basado en estudios morfológicos, esto crea una confusión en estudios publicados de diferentes especies en pequeños rumiantes (Reeg et al., 2005).

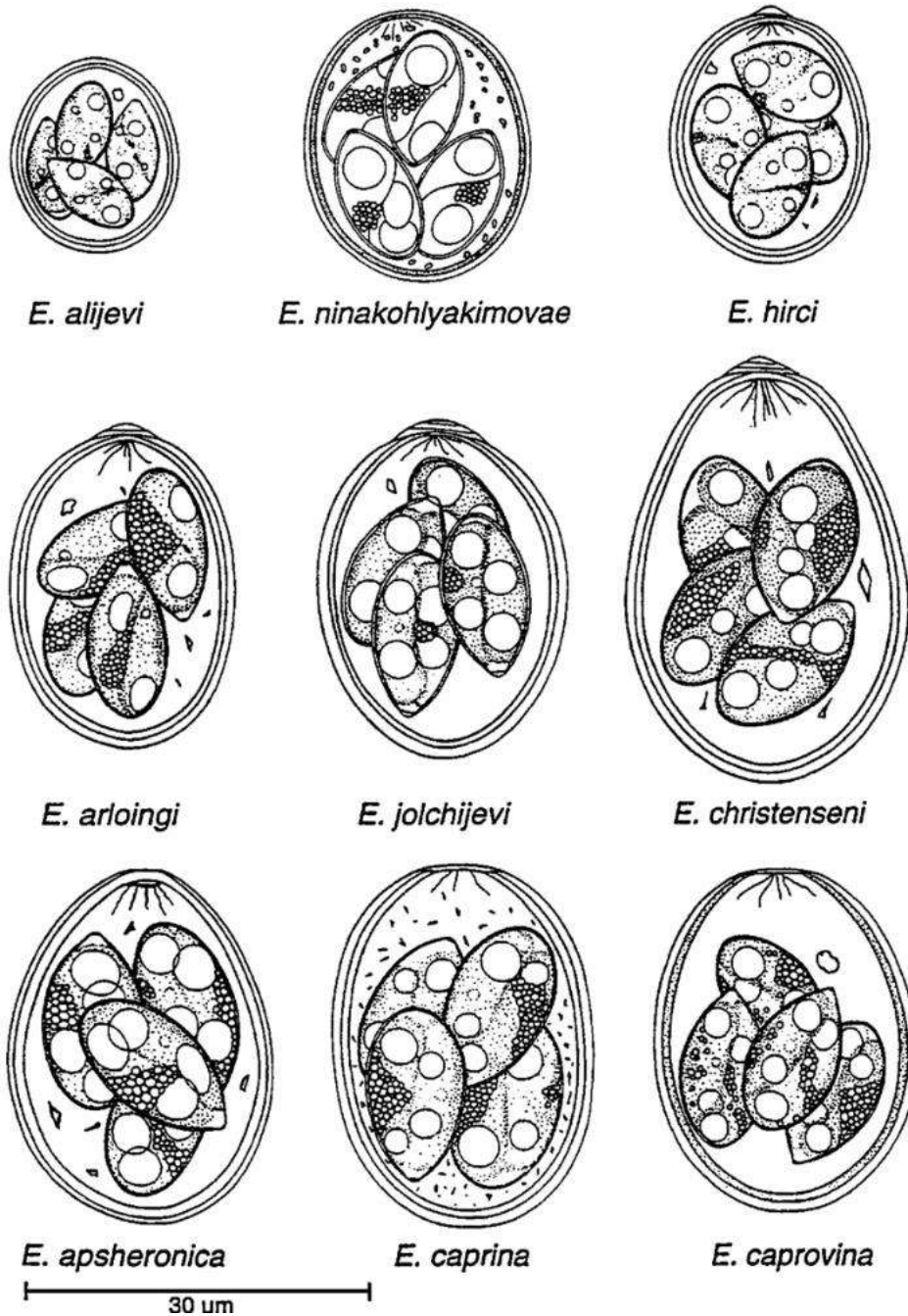


Figura 2. Oocistos esporulados de las diferentes especies de *Eimeria* en caprinos (Eckert et al., 1995).

Existen 10 especies de *Eimeria* que afectan a los caprinos, las especies más importantes son *E. arloingi* cuyas características morfológicas se asemejan a las de *E. ovina* localizada en ovinos. Parasita el intestino delgado con efectos patógenos. Afecta a duodeno yeyuno e íleon y linfonodos mesentéricos, localizándose principalmente en yeyuno. Su período prepatente es de 15 a 21 días (Luque, 1955; Cantú-Martínez et al., 2022)

E. hirci es parásito del intestino delgado con altas prevalencias en adultos, clínicamente es apatógena. *E. christenseni* es especie de alta prevalencia en Europa, su periodo prepatente es de 17 días, probablemente una de las especies más patógenas que llega a causar la muerte. Es poco prolífica (Cordero del Campillo, 1999).

E. ninakohlyakimovae invade preferentemente el yeyuno e íleon, es una especie patógena de prevalencia media y baja predominancia (Matos, 2015). *E. caprovina* difícil de diferenciar de *E. caprina*, cuyos oocistos son ligeramente más cortos y anchos. Esta especie no se encuentra del todo estudiada (Cordero del Campillo, 1999).

E. caprina invade el ciego, colon y recto. *E. alijevi* su esquizogonia se lleva a cabo en células epiteliales de la parte media del intestino delgado y su gametogonia, se lleva a cabo en el intestino grueso (Cantú-Martínez et al., 2022)

En el Cuadro 1 se mencionan las especies más importantes de *Eimeria* y sus especificaciones.

Cuadro 1. Principales especies de *Eimeria* spp. en caprinos y sus características (Eckert et al., 1995).

Especie	Tamaño	Forma	Color	Micrópilo	Capa polar	OR	SR
<i>E. alijeivi</i>	17 x 15 μ m	Ovoide o elipsoide	Incoloro o amarillo pálido	Indistinto	No	No	Con
<i>E. ninakohlyakimovae</i>	20.7 x 14.8 μ m	Elipsoide, paredes delgadas	Incoloro	Ausente o discreto	No	No	Con
<i>E. hirici</i>	20.7 x 16.2 μ m	Ovalado redondeado	Amarillo claro	Presencia	Si	No	Esporocisto ovalado con SR pequeño
<i>E. arloingi</i>	27 x 18 μ m	Elipsoide, pared gruesa	Pardo oscuro	Presencia	Si	No	Con
<i>E. jolchijevi</i>	31 x 22 μ m	Elipsoide u ovoide	Amarillo pálido	Presencia	Si	No	Con
<i>E. christenseni</i>	38 x 25 μ m	Ovoide, pared gruesa	Incoloro o amarillo pálido	Presencia	Si	No	Con
<i>E. aspheronica</i>	31 x 23 μ m	Ovoide	Verdoso o marrón amarillento	Presencia	No	No	Con
<i>E. caprina</i>	32 x 23 μ m	Elipsoidal	Marrón oscuro a amarillo parduzco	Presencia	No	No	Con
<i>E. caprovina</i>	30 x 24 μ m	Elipsoidal o esférico	Incoloro	Presencia	No	No	Con
<i>E. kocharli</i>	39-59x 27-47 μ m	Elipsoidal o esférico	Parda	Presencia	No	No	Ausente

*Sr Residuo de esporocisto
*OR cuerpo residual

2.2.3 Ciclo de vida

Los miembros pertenecientes al grupo Coccidia llevan a cabo la replicación en el intestino del huésped definitivo. En el cual va a ocurrir la reproducción asexual (esquizogonia) y sexual (gametogonia), como resultado se va a dar la producción de oocistos lo cuales serán excretados al medio ambiente por medio de las heces (Bawm & Lat Htun, 2021; Burrell et al., 2020).

El ciclo de vida (Figura 2) consta de dos fases: la fase exógena, la cual ocurre en el medio ambiente y la fase endógena, la cual ocurre dentro del hospedante. La

duración puede ser de entre 2 a 4 semanas, esto va a depender de la especie y los factores ambientales (Chartier & Paraud, 2012; Keeton & Navarre, 2018).

La esporogonia ocurre fuera del huésped dentro del oocisto, el cual tiene como finalidad brindar protección a los esporozoitos infecciosos. (Bawm & Lat Htun, 2021).

Los oocistos no esporulados son expulsados por medio de las heces, la esporulación ocurre luego de 2 a 7 días, esto depende de las condiciones ambientales (Bawm & Lat Htun, 2021; Chartier & Paraud, 2012). Los oocistos esporulados son resistentes a las condiciones ambientales y pueden sobrevivir por meses o incluso un año (Chartier & Paraud, 2012). Algunas condiciones como la desecación extrema, la exposición directa a la luz solar y las temperaturas extremas como -30°C o 63°C limitan la supervivencia y pueden ser letales (Bawm & Lat Htun, 2021; Chartier & Paraud, 2012).

Los oocistos esporulados son ingeridos en el medio ambiente y transportados al intestino en donde se va a llevar un proceso de desenquistamiento debido a la presencia de pepsina, bilis, tripsina y cambios en el pH, los oocistos se rompen y liberan a los esporozoitos (Chapman, 1978). En el intestino van a ocurrir dos ciclos de multiplicación asexual, ambos pueden ocurrir en el intestino delgado o uno en el intestino delgado y otro en el grueso, según la especie de *Eimeria* (Chartier & Paraud, 2012).

Cada oocisto esporulado contiene 8 esporozoitos infecciosos. Cada esporozoito invade un enterocito y dentro de la célula permanece como una vacuola parasitofora. El parásito es capaz de ganar nutrientes de su hospedero por medio de la pared de la vacuola parasitofora (Saliba & Kirk, 2001).

Dentro del enterocito empieza la replicación asexual, también conocida como esquizogonia o merogonia. Es en este lugar en donde el esporozoito comienza a

redondearse y forma el trofozoito, los parásitos se dividen asexualmente originando esquizontes. Los macroesquizontes, contienen miles de merozoitos que invaden nuevas células y en la mayoría de las especies, originan una segunda generación de esquizontes (Hammond et al., 1963). La esquizogonia es un tipo de replicación múltiple que da lugar a un alto número de células parasitas derivados de un estadio inicial (Chartier & Paraud, 2012).

Una vez completado el ciclo de la esquizogonia los merozoitos abandonan al enterocito, rompiéndolo e infectando uno nuevo. Comenzando una replicación sexual, conocida como gametogonia. Dentro de las células del hospedante, los merozoitos pueden formar microgamontes, los cuales son la fase masculina o, macrogamontes, los cuales son la fase femenina (Hammond et al., 1963).

Durante la maduración, los microgamontes liberan un gran número de microgametos para fertilizar al macrogamonte. La conjugación de los gametos da lugar a un cigoto redondeado, que madura hasta convertirse en un oocisto. El oocisto abandona la célula y es excretado a través de las heces (Bawm & Lat Htun, 2021).

Los oocistos necesitan un período en el medio ambiente para volverse infecciosos, este proceso es conocido como esporulación y se requiere de condiciones cálidas y húmedas para poder completarse. Si las condiciones son óptimas, la esporulación puede llevarse a cabo de 2 a 3 días (Levine, 1973).

Finalmente, el oocisto infectivo contiene dos vesículas internas cubiertas por membrana, que son los esporocistos. Cada uno contiene 4 esporozoitos, por lo tanto, cada oocisto esporulado contiene 8 esporozoitos infectivos (Hammond et al., 1963).

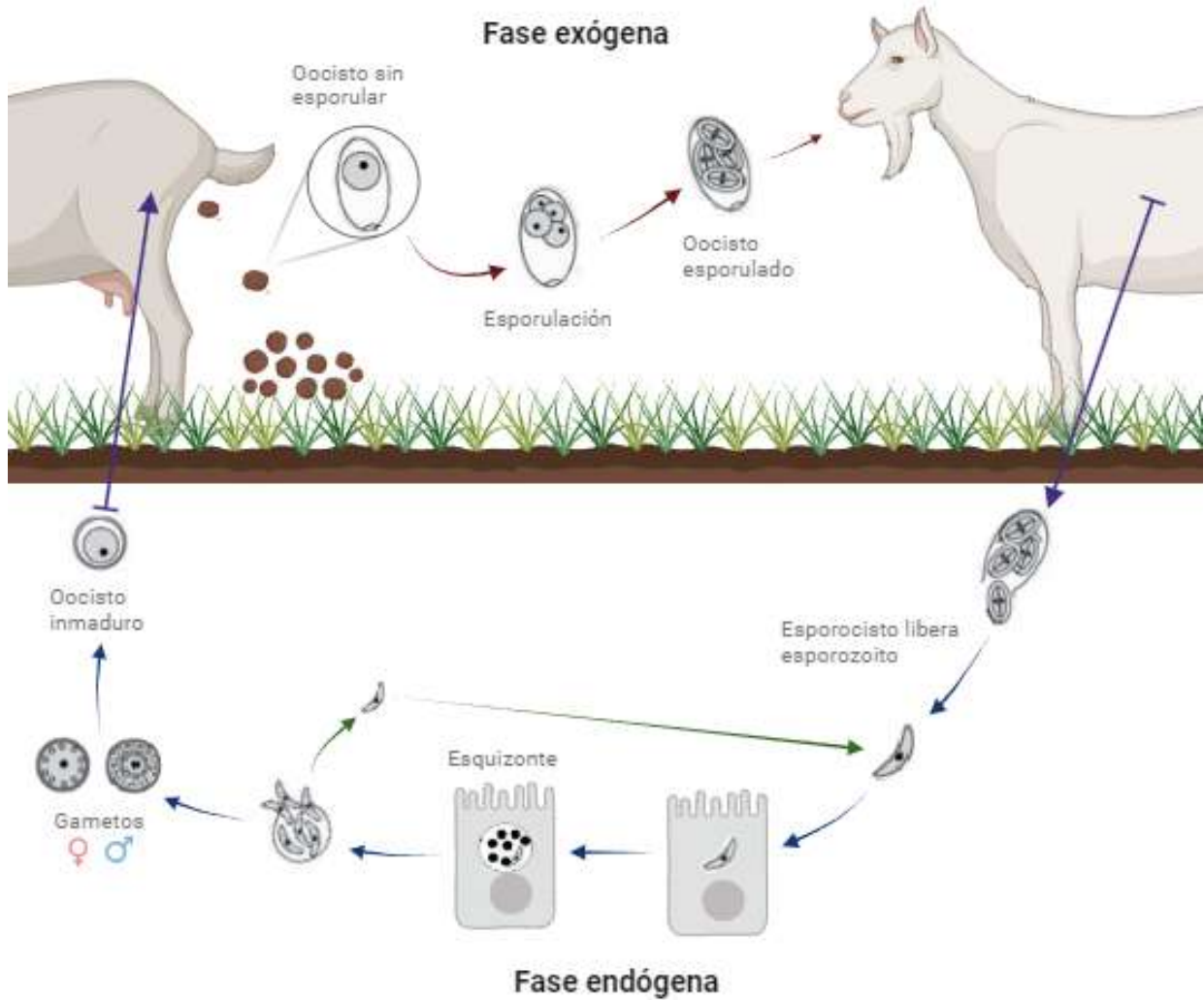


Figura 3. Ciclo biológico de *Eimeria*. Esta imagen fue creada por Biorender (<https://www.biorender.com>)

2.3 Patogénesis

Eimeria spp es un parásito intracelular obligado el cual se desarrolla en células epiteliales y son capaces de producir la muerte celular e hiperplasia (Nahavandi et al., 2016), el principal efecto patogénico de este parásito radica en la destrucción de las células epiteliales, además, interactuar con la microbiota llega a provocar procesos disbióticos (Mohammed et al., 2000).

El grado de infección va a estar determinado por el número de oocistos ingeridos por el hospedero, la localización del parásito en el revestimiento epitelial, la especie de *Eimeria*, el estado inmunitario y la edad (Mohamaden et al., 2018).

La coccidiosis es capaz de provocar cambios en la mucosa intestinal de los animales que se encuentran infectados, lo que ocasiona hemorragias localizadas y atrofia, ocasiona una disminución en la absorción intestinal (Kheirandish et al., 2014).

2.3.1 Mecanismos desencadenados por la enfermedad.

Los esquizontes y macrogametos van a romper los enterocitos causando pérdida de células epiteliales y vellosidades intestinales, lo cual atrofia el epitelio (Koudela et al., 1998). Al tener una disminución del epitelio intestinal, la superficie de absorción de nutrientes se va a reducir causando diarrea líquida y deshidratación. Para compensar esta pérdida de epitelio, se va a producir una hiperplasia de las criptas intestinales (Kheirandish et al., 2014).

Al parasitar las células endoteliales de los nódulos linfáticos del intestino, se desarrolla una respuesta inmune protectora durante el período prepatente. En la respuesta inmune innata participa el revestimiento endotelial de vasos sanguíneos y linfonodos (Mai et al., 2013).

La inmunidad ocurre luego de la infección primaria, y es específica para la especie de *Eimeria*. Las células T son clave en la respuesta inmune contra el parásito, ya que limitan la producción de oocistos en infecciones primarias y posteriores. (Ovington, 1995). La inmunidad adquirida se basa en la respuesta inmune celular Th1 regulada por los linfocitos T CD4+, esencial para el control de la infección inicial (Bangoura, 2022). El IFN- γ es importante para la resistencia a la coccidiosis ya que inhibe la replicación intracelular de *Eimeria* spp (Cervantes, 2016; Tadayon, 2016).

La inmunoglobulina A, es un anticuerpo que es relevante en la inmunidad de la mucosa. Esta actúa como un mecanismo de defensa primario para la preservación de la integridad de la mucosa intestinal. Además, confiere protección contra antígenos que pueden provocar la ruptura de la pared epitelial (Mpofu, 2022).

2.4 Lesiones

El cadáver presenta por lo general la zona perianal sucia, esto debido a las evacuaciones diarreicas. En general el cuadro patológico en los pequeños rumiantes es el de una enteritis catarral, en donde el intestino se encuentra dilatado, congestionado, hemorrágico y con la mucosa dilatada (Koudela et al., 1998).

La mucosa se observa en placas gruesas, blancas y opacas, las cuales son visible, esto corresponde a los macroesquistosomas (Koudela et al., 1998), y la localización de las lesiones varía dependiendo de la especie que afectó al animal (Cordero del Campillo, 1999). En algunos casos se llega a apreciar la mucosa edematizada. Con pequeños nódulos blanquecinos que van de 1 a 2 mm de diámetro (Koudela et al., 1998). Histológicamente se puede observar una descamación y necrosis del revestimiento, asociado con la primera generación de esquizontes, e hiperplasia asociada a los gamontes (Gregory, 1990; Taylor et al., 2003a)

2.5 Signos clínicos

La coccidiosis puede presentarse de forma aguda o crónica, en el caso de la forma aguda las primeras manifestaciones aparecen al cabo de tres semanas post infección, el principal signo es la diarrea, puede llegar a ser hemorrágica (Foreyt, 1990). Las heces pueden llegar a ser acuosas con moco y su color puede variar entre café y amarillo, o totalmente oscuras (Koudela et al., 1998). Se puede observar pérdida de peso y deshidratación, tenesmo, dolor abdominal, la condición del animal

puede empeorar debido al decremento de apetito. En ciertas condiciones las coccidiosis se pueden caracterizar por una muerte repentina sin haber presentado signos digestivos, esto principalmente en animales jóvenes de entre 2 a 4 meses de edad (Chartier & Paraud, 2012). Mientras que en infecciones crónicas los signos generalmente son debilidad, pérdida de peso, y pobre crecimiento en los cabritos (Deger et al., 2003).

2.6 Tratamiento y Prevención

Cuando una infección ocurre, el aislamiento y la sanitización pueden llegar a prevenir que la coccidiosis se propague en la unidad de producción, sin embargo, si los animales presentan los signos clínicos de una coccidiosis los tratamientos de elección suelen ser los coccidiostatos o coccidicidas (Metzger, 2011). Estos últimos poseen un mecanismo de acción en la fase endógena de ciclo del protozooario, por ejemplo, las sulfonamidas tienen actividad durante las últimas etapas del ciclo biológico mientras que la monensina y lasalocid tienen su efecto en las primeras etapas. Los coccidiostatos se han utilizado con mayor frecuencia en la actualidad los cuales tienen una acción directa contra el protozooario durante todo su ciclo biológico, los más utilizados son el toltrazuril y el diclazuril. Los períodos de tratamiento para *Eimeria* van de 3 a 5 días, sin embargo, el periodo de aplicación dependerá del número de oocistos que el animal está excretando (Chartier & Paraud, 2012; Taylor et al., 2003).

Si bien existen técnicas que ayudan a minimizar los efectos de la coccidiosis en caprinos como la buena higiene en sistemas de producción, el método de prevención más utilizado es la medicación oportuna (Pence, 2011). No obstante, el no exponer a los animales a cuerpos de agua contaminados con heces, tener un buen control de los fómites dentro de la unidad de producción o limpiar rutinariamente los corrales ayuda a prevenir la infección por *Eimeria* (Perfield, 2010).

3.1 Prevalencia de *Eimeria* en el mundo

Las parasitosis gastroentéricas en rumiantes son universales en diversos entornos, y pueden causar una mala condición corporal. La prevalencia de *Eimeria* en caprinos puede deberse a diversos factores como el clima (temperatura, humedad), geografía (longitud, altitud, latitud) o factores predisponentes en el hospedante como; edad y alimentación.

En China, uno de los países agricultores más importantes a nivel mundial la prevalencia de *Eimeria* spp. en cabras oscila entre 37-87% (Diao et al., 2022), mientras que en Jordania se reportó una prevalencia del 54% (Abo-Shehada & Abo-Farieha, 2003). En Turquía, la prevalencia de *Eimeria* fue del 73% siendo más prevalente *E. arloingi* con un 40.9% (Deger et al., 2003). Kheirandish y colaboradores (2012), reportaron en el norte de Irán una prevalencia del 89.9%, describiendo que el protozoario se presentó con más frecuencia durante el invierno, en este estudio la presencia de *E. arloingi* fue mayor al resto de las especies (68%).

En África, se han reportado prevalencias en Senegal, Sudáfrica y Tanzania con prevalencias del 59.6%, 85% y 78% respectivamente, además, Senegal reportó que *E. crandalis* (67%) se encontró con mayor frecuencia que el resto de las especies (Kusiluka et al., 1998; Mpofo et al., 2020; Vercruysse, 1982). En Europa se han reportado altas prevalencias en Republica Checa del 92%, y en España del 96.1% teniendo una mayor presencia para el caso de Republica Checa *E. arloingi* (84%), y para España *E. ninakohlyakimovae* (30%) (Koudela et al., 1998; Ruiz et al., 2006). Un estudio llevado a cabo en Polonia y Ucrania reportó prevalencias del 100% y 76% respectivamente, en dicho estudio *E. christenseni* se encontró con mayor prevalencia en ambos países (Balicka-Ramisz et al., 2012).

En América, las prevalencias publicadas van del 36 al 100%, en Brasil se informó de prevalencias que van del 62.9 - 91% (Macedo et al., 2020; Cervantes et al., 2012). En este último siendo más prevalente *E. alijeivi* (26.7%). En Estados

Unidos, Florida, se reportó una prevalencia del protozoario del 97% encontrando con mayor frecuencia la especie *arloingi* (91%) (Kahan & Greiner, 2013). Mientras que Ecuador reportó una prevalencia del 38.62% (Celi et al., 2022).

3.2 Prevalencia en México

En México actualmente el número de cabezas de ganado caprino asciende los 8.7 millones, concentradas principalmente en zonas áridas o semi áridas. La producción caprina en el país sigue asociada principalmente a la población rural en donde su producción corresponde a un 80% de las actividades que tienen estas comunidades para subsistir (Montemayor, 2017). Debido a esto, los problemas parasitarios en el ganado caprino afectan directamente la sostenibilidad del sector agropecuario rural.

En México existen estudios de prevalencia que oscilan del 50 al 99%, En Nuevo León, un estudio en cabras reportó una prevalencia general del protozoario del 60.29%, encontrando 8 especies de las 11 reportadas, siendo más prevalente *E. arloingi* 24.57% y en menor medida *E. apsheronica*, 5.21%, se observaron múltiples especies infectando un mismo hospedante (Cantú-Martínez et al., 2022).

En Baja California Sur se observó que el 100% de los animales muestreados fueron positivos a *Eimeria* reportando la presencia de 9 especies con la siguiente distribución, en el caso de *E. alijevi* se observó una prevalencia del 90%, *E. arloingi*, 100 %, *E. apsheronica*, 20%, *E. caprina*, 50%, *E. caprovina.*, 70%, *E. christenseni*, 30%, *E. hirci*, 80%, *E. ninakohlyakimovae*, 50%, *E. jolchijevi*, 70% (León, 2014). En un estudio llevado a cabo en Yucatán, se reportó una prevalencia de *Eimeria* del 93.4%, siendo las más importantes las especies *E. ninakohlyakimovae*, *E. caprina*, *E. arlongi* y *E. alijevi* (Rodríguez et al., 2001).

En Guanajuato, en el municipio de Irapuato se observó que el 61.76% de las cabras fueron positivas para *Eimeria* spp (Arrellano-Rocha et al., 2022). En Puebla,

la prevalencia de oocistos de *Eimeria* fue del 93% (Lagunes, 2014) mientras que, en Guerrero, en la localidad de Quechultenango se observó una diferencia en la prevalencia de *Eimeria*. con respecto a la época del año. En la temporada de sequías, se observó una frecuencia del 95.1% de *Eimeria* spp. (Figuroa et al., 2018).

III HIPÓTESIS

Se observará una frecuencia superior del 50% para *Eimeria* spp. y la presencia de por lo menos 8 especies del protozooario en dos municipios del estado de Querétaro.

IV OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar la frecuencia de *Eimeria* spp. y de las especies presentes en *caprinos* localizados en los municipios de El Marqués y Huimilpan del estado de Santiago de Querétaro.

4.2 Objetivos específicos

Estimar la frecuencia de *Eimeria* en caprinos por medio de análisis coproparasitológico.

Identificar las especies de *Eimeria* y su frecuencia presente en caprinos mediante su caracterización morfológica.

V MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio transversal con un muestreo por conveniencia, lo que nos permitió realizar el trabajo en un lugar determinado en cualquier época del año.

5.2 Lugar de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en 6 unidades de producción caprina, provenientes de dos municipios del estado de Querétaro, Huimilpan y El Marqués, ubicados en el centro de México, dichos municipios presentan un clima templado semiárido (20 °C de temperatura media anual, una precipitación de 720 mm² al año, 38,2% de humedad). Cada unidad de producción corresponde a pequeños productores en donde predomina un sistema de pastoreo libre con excepción de una unidad de producción en donde los animales se encuentran estabulados.

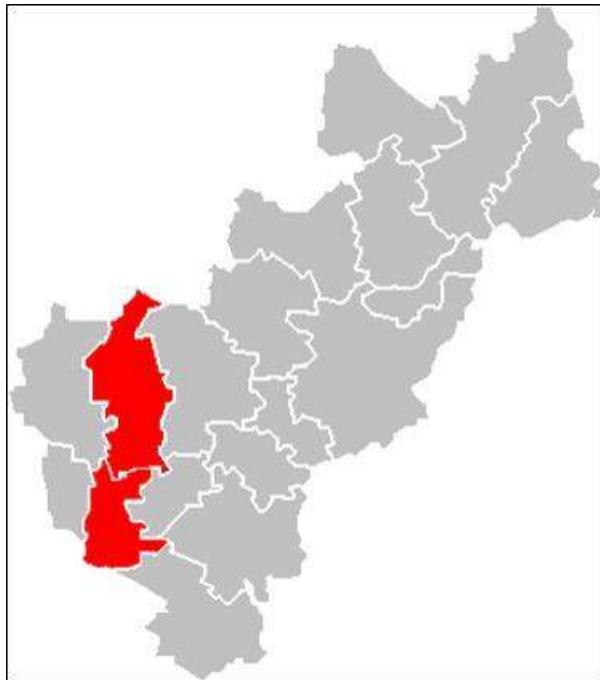


Figura 4. Mapa del estado de Querétaro, resaltando los municipios muestreados

5.3 Obtención de muestras

Para el presente estudio se obtuvieron 117 muestras de heces, las cuales se recolectaron directamente de recto utilizando una bolsa a manera de guante, una vez obtenidas la bolsa se invirtió y se identificó el número del animal del cual se tomó, se tomaron los datos de la UPP, el municipio, productor y el ID del animal. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma de Querétaro para su posterior análisis coproparasitológico. Una vez realizado dicho análisis mediante una técnica de flotación por McMaster para realizar su conteo, las muestras que presentaron mayor cantidad de oocistos fueron sometidas a una concentración y flotación por sulfato de zinc para poder determinar las especies presentes.

5.4 Técnica coproparasitológica

Las muestras fecales fueron analizadas mediante una técnica de flotación por McMaster (Gronvold, 1991; Minvielle et al., 2008), esto con el fin de obtener la frecuencia del parásito y a su vez dar un conteo de los oocistos por gramo en heces, para determinar si el animal evaluado requería tratamiento, Los resultados del conteo de oocistos fueron entregados a los propietarios de las unidades de producción pecuaria (UPP).

5.4.1 Técnica de McMaster

De cada muestra se pesaron 2g de heces y se diluyeron en 28 ml de solución salina saturada, con ayuda de un mortero se homogenizó la solución y se coló para limpiar el sobrenadante, los 28 ml de solución fueron depositados en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante 5 minutos, posterior a esto se tomó una muestra de la superficie y se colocó en la cámara de McMaster para su lectura. Para este trabajo se leyeron ambas cámaras usando el factor de multiplicación McMaster para

determinar el conteo de oocistos por gramo en heces como lo indica (Cringoli et al., 2014). (Figura 5)

La cámara de McMaster cuenta con una profundidad 0.15 mm de profundidad y de área 1 cm², lo cual nos da un volumen de lectura de 0.15 ml. Por lo tanto, se lee una centésima parte de la muestra, por esa razón para obtener el número de cpg (coccidias por gramo en heces) se utiliza un factor de corrección de 100 para cada cuadrícula revisada (Melo et al., 2015).

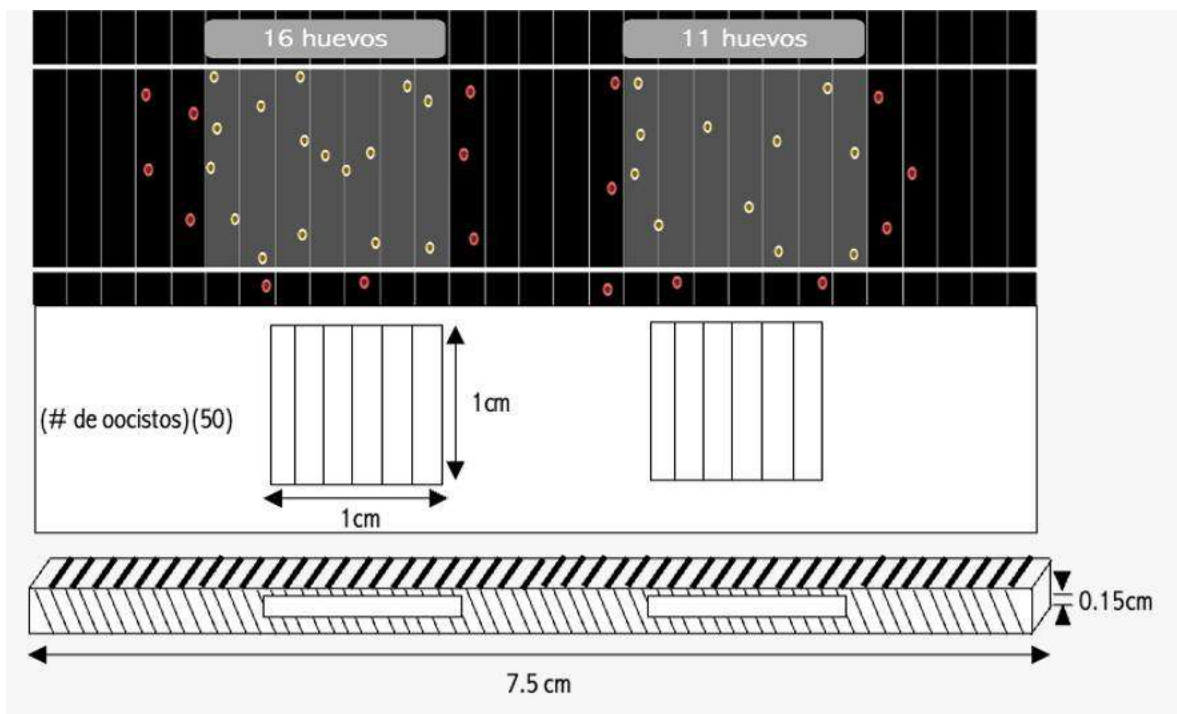


Figura 5. Dimensiones de la cámara de McMaster. (Modificado de Cringoli et al., 2004)

5.4.2 Pool de muestras

Para realizar la identificación de especies en las muestras positivas de una manera expedita y confiable, las muestras con mayor número de oocistos de cada una de las unidades de producción fueron mezcladas en grupos de 2 o 3 animales

en la misma proporción obteniendo un total de 18 pools, 3 por unidad de producción y un total de 185 oocistos fotografiados.

5.4.3 Técnica de Flotación por sulfato de zinc

Con el fin de obtener un campo más limpio de muestra para realizar las fotografías de los oocistos, se realizó una técnica de flotación por sulfato de zinc (Dryden et al., 2005). Se colocaron 2g de heces en un colador y se homogenizó la mezcla con agua destilada, para después ser filtrada en un tubo falcón de 14 ml hasta alcanzar los 10ml. Posteriormente, se centrifugó a 2500 rpm durante 5 min, se decantó el sobrenadante y se le volvió a añadir 10 ml de agua destilada, la mezcla se homogenizó con ayuda de un vórtex y se procedió a centrifugar nuevamente.

Este proceso repitió 2 veces o hasta que el sobrenadante estuviera lo más claro posible, se decantó el sobrenadante y se le añadió 10 ml de sulfato de zinc, se centrifugó una última vez a 1500 rpm durante 1 min. Por último, se tomó una gota de muestra de la superficie y se colocó sobre una laminilla añadiendo una gota de lugol, se le colocó un cubre objetos y se visualizó a 100X con aceite de inmersión para la posterior toma de fotografías.

5.5 Identificación de especies

Para la identificación de especies se trabajó con el software IScapture profesional image acquisition versión 3.6.8, a dicho software se le adicionó un micrómetro ocular para estandarizar las medidas requeridas y se utilizó una cámara de neubauer con el único fin de verificar si las medidas añadidas fueron las correctas con base en las medidas específicas de la cámara. Con ayuda de un microscopio con cámara conectado a la computadora se comenzaron a tomar las fotografías de los oocistos, midiendo cada uno y tomando en cuenta las características que presentaron, como tamaño, presencia o ausencia de capsula polar, micropilo y forma (Eckert, 1995) (Figura 6).

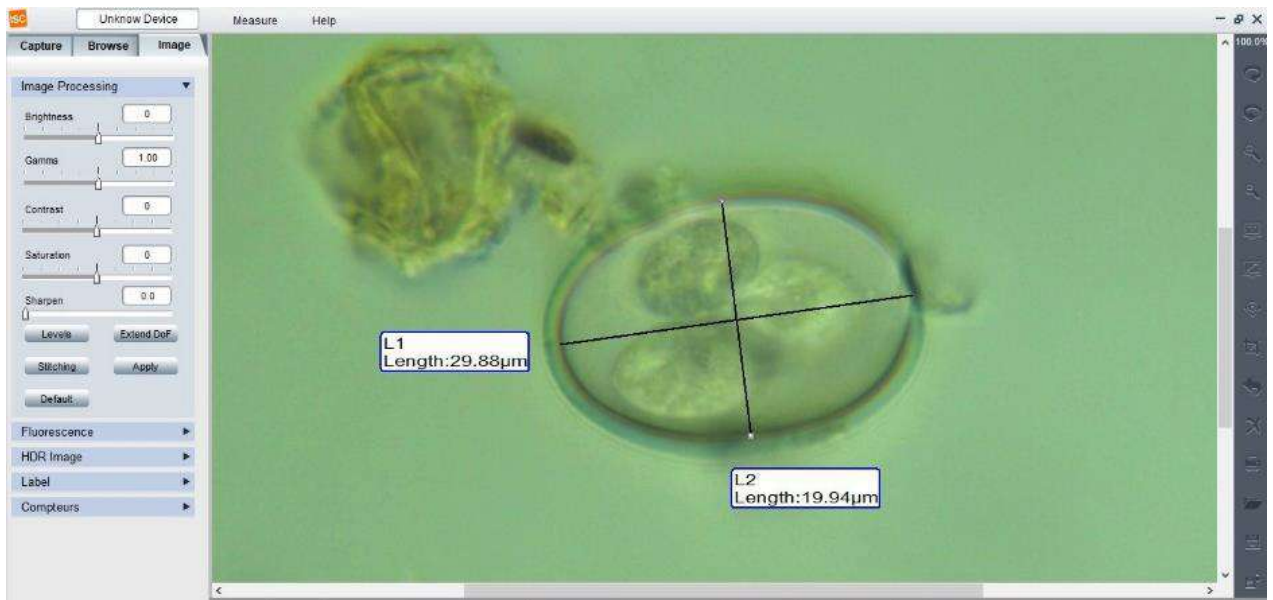


Figura 6. Oocisto con medidas determinadas del Software ISC.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 117 muestras analizadas por medio de la técnica de McMaster, se obtuvo una frecuencia general del 64%, estos resultados son similares a los reportados en países como Senegal (59.6%) y Jordiana (54%) (Abo-Shehada & Abo-Farieha, 2003; Kusiluka et al., 1998). Además de coincidir con los resultados obtenidos en Nuevo León y Guanajuato del 60.29% y 60.1% respectivamente, esto último puede deberse a que en estos lugares predomina un clima templado semiárido o seco.

Sin embargo, los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los publicados a nivel mundial (Diao et al., 2022; Vercruyssen, 1982). En México, se han reportado altas prevalencias en lugares como Guerrero y Baja California Sur (95%) y (100%), resultados que no se asemejan a lo obtenido en el presente estudio esto debido a que en estos dos últimos lugares predominan altas temperaturas y humedad y las altas prevalencias de *Eimeria* se relacionan principalmente con época de lluvia (Alani et al, 1989).

En cuanto a unidades de producción se obtuvo la siguiente distribución; unidad 1, 7 animales; unidad 2, 15 animales; unidad 3, 28 animales; unidad 4, 15 animales; unidad 5, 19 animales; unidad 6, 33 animales (Cuadro 2)

Cuadro 2. Comparación de la frecuencia de *Eimeria spp.*, promedio de oocistos y número de animales por unidad de producción

Unidad	Animales	Positivos	\bar{x} de oocistos	Frecuencia por unidad
1	7	7	6342	100%
2	15	15	14266	100%
3	28	13	253	46%
4	15	8	325	53%
5	19	16	3206	84%
6	33	17	152	51%

Las frecuencias presentes por unidad de producción oscilaron entre el 46-100%. Esto puede deberse al sistema de producción que manejan los propietarios, en los sistemas semi estabulados se ha observado que los animales tienen más probabilidades de desarrollar una coccidiosis clínica que aquellos que criados en un sistema extensivo, debido a que estos últimos no llegan a tener una exposición continua con el protozooario, lo cual reduce el número de oocistos lo que da lugar a una estabilidad endémica (Dauguschies & Najdrowski, 2005). No obstante, al comparar ambos sistemas de producción por medio de una χ^2 no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos ($P>0.05$). En cuanto a su localización no hubo diferencia entre ambos municipios, debido a que ambos lugares presentan condiciones similares.

Diez especies de *Eimeria* se identificaron en el presente estudio, esto con base a los criterios morfológicos establecidos por (Eckert et al., 1995) como forma y tamaño. De las diez especies identificadas, 4 presentaron capsula polar (Figura 7) que correspondieron a: *E. hirci*, *E. arloingi*, *E. jolchijevi* y *E. christenseni*.

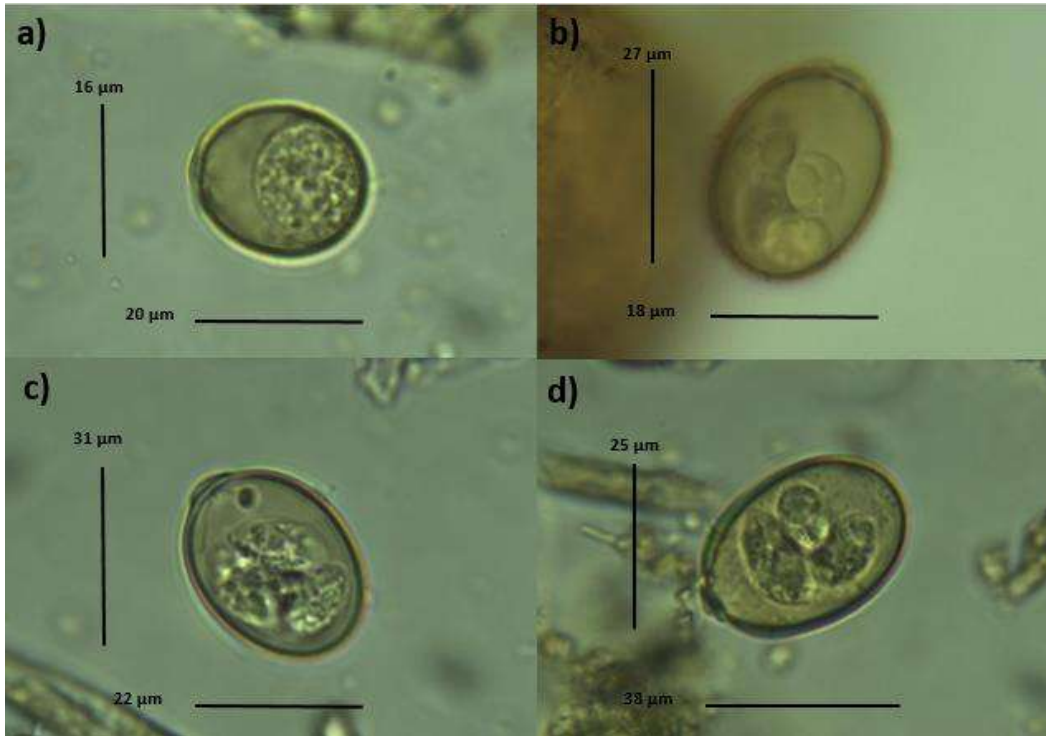


Figura 7: Especies de *Eimeria* con capsula polar. a) *E. hirci*: Forma ovalada redondeada de color amarillo claro, con presencia de micrópilo y un tamaño de 16 x 20 μm . b) *E. arloingi*: Forma elipsoide de color pardo oscuro, con presencia de micrópilo y un tamaño de 27 x 18 μm . c) *E. jolchijevi*: Forma elipsoide u ovoide de color amarillo pálido, con presencia de micrópilo y un tamaño de 31 x 22 μm d) *E. christenseni*: Forma ovoide, de color amarillo pálido o incoloro, con presencia de micrópilo y un tamaño de 38 x 25 μm

Se determinó la ausencia de capsula polar en seis especies (Figura 8) que correspondieron a: *E. alijevi*, *E. ninakohlyakimovae*, *E. aspheronica*, *E. caprina*, *E. caprovina* y *E. kocharli*.

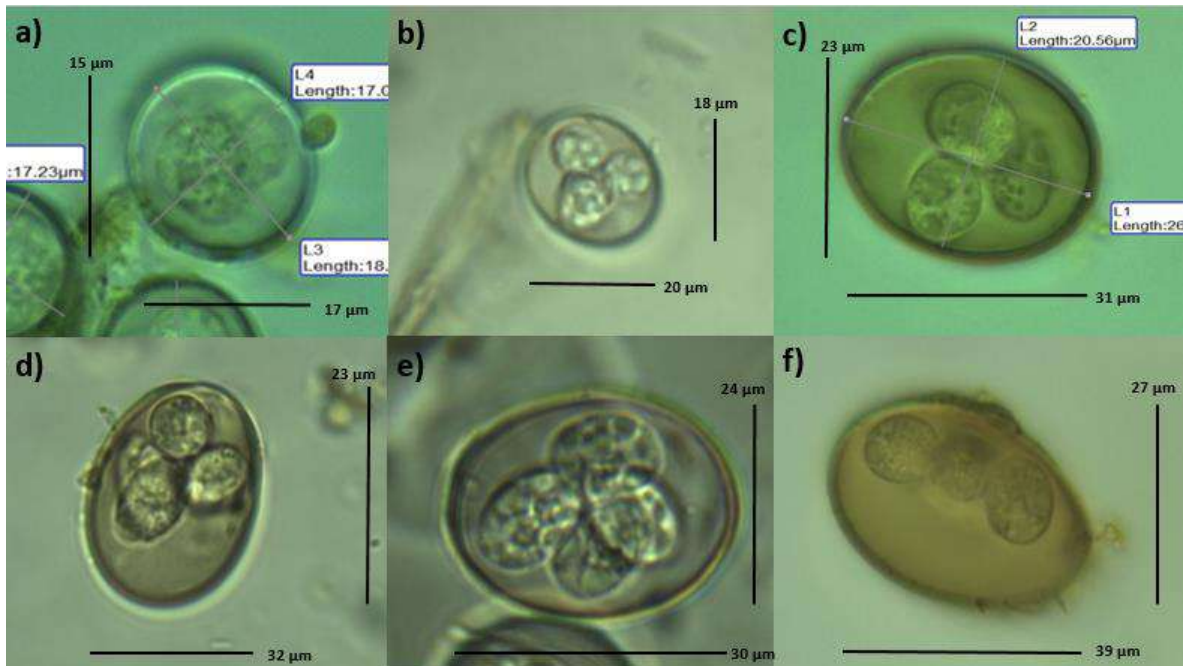


Figura 8: Especies de *Eimeria* sin capsula polar. a) *E. alijevi*: Forma ovoide o elipsoide, incoloro o de color amarillo pálido con presencia de micrópilo y un tamaño de 17 x 15 μm b) *E. ninakohlyakimovae*: Forma elipsoide, incoloro con ausencia de micrópilo y un tamaño de 20 x 18 μm c) *E. aspheronica*: Forma ovoide de color verdoso o marrón amarillento con presencia de micrópilo y un tamaño de 31 x 23 μm d) *E. caprina*: Forma elipsoide de color marrón oscuro a amarillo parduzco con presencia de micrópilo y un tamaño de 32 x 23 μm e) *E. caprovina*: Forma elipsoide o esférica incolora con presencia de micrópilo y un tamaño de 30 x 24 μm f) *E. kocharli*: Forma elipsoide o esférica de color parda con presencia de micrópilo y un tamaño de 39 x 27 μm

La relación de las especies identificadas fue la siguiente: *E. alijevi* 21%, *E. arloingi* 19%, *E. ninakohlyakimovae* 18.3%, *E. jolchijevi* 14.5%, *E. caprina* 8.3%, *E. caprovina* 8.1%, *E. hirci* 3.3%, *E. christenseni* 3.2%, *E. aspheronica* 2.1% y *E. kocharli* 0.5% (Cuadro 3). Estos resultados no coinciden en su totalidad con lo publicado a nivel mundial en donde *E. arloingi* es la especie que se presenta con mayor frecuencia (Bawm et al., 2020), no obstante, en el presente estudio *E. arloingi* fue la segunda especie más observada, estos datos coinciden con lo publicado en Brasil en donde *E. alijevi*, es la especie más prevalente de este país.

En México se han reportado 9 especies de *Eimeria*, sin embargo, no se encuentran registros de la especie *E. kocharli*, observada en este estudio. Las

especies que se han localizado con mayor frecuencia a nivel nacional han sido *E. arloingi*, *E. alijevi* y *E. ninakohlyakimovae*, estos datos coinciden con lo obtenido en el presente trabajo (Cantú-Martínez et al., 2022; Rodríguez et al., 2001). El hecho de que las especies *E. arloingi* y *E. ninakohlyakimovae* tuvieran altas frecuencias eleva la preocupación ya que estas especies se encuentran estrechamente relacionadas a la enfermedad clínica considerándose patógenas, produciendo diarreas, letargia y eventualmente la muerte del animal, principalmente los cabritos.

En cuanto a la presencia de especies por unidad de producción, la unidad 1 y la unidad 6 (Cuadro 3), presentaron la mayor variedad de especies, esto puede deberse a que ambas unidades comparten el mismo sistema de producción semi estabulado, contrario a las otras unidades de producción en donde manejan un sistema extensivo en donde los pequeños productores comparten tierras ejidales para el pastoreo de sus animales.

Cuadro 3. Distribución de Frecuencia de especies de *Eimeria* por unidad de producción.

Especie	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6	(Fx)%
<i>E. alijevi</i>	X				x	x	21%
<i>E. ninakohlyakimovae</i>	X	X	X		x	x	18.3%
<i>E. hirci</i>	X	X		x		x	3.7%
<i>E. arloingi</i>	X		X	x	x	x	19.4%
<i>E. jolchijevi</i>	X	X	X	x	x	x	14.5%
<i>E. christenseni</i>	X				x	x	3.2%
<i>E. aspheronica</i>	X			x		x	2.1%
<i>E. caprina</i>	X	X	X	x	x	x	8.6%
<i>E. caprovina</i>	X				x	x	8.1%
<i>E. kocharli</i>	X						0.5%

VII CONCLUSIÓN

La frecuencia de *Eimeria* en caprinos localizados en Querétaro fue del 64%, un resultado por debajo de lo que se ha observado a nivel mundial. Esto significa que probablemente, las condiciones climáticas de cada lugar influyen de forma importante en el desarrollo del protozoario. Asimismo, las unidades con un sistema extensivo presentaron una menor frecuencia, esto debido a que están en menor contacto con sus heces. Las especies de *Eimeria* que presentaron una mayor frecuencia son de importancia clínica para los animales de menor edad, ya que su sistema inmunológico se encuentra en desarrollo, es por ello que, los productores deben presentar mayor atención a la enfermedad, desarrollar un sistema de prevención y contar con un cuadro de desparasitación para evitar pérdidas.

VIII BIBLIOGRAFÍA

- Abo-Shehada, M. N., & Abo-Farieha, H. A. (2003). Prevalence of *Eimeria* species among goats in northern Jordan. *Small Ruminant Research*, 49(2), 109–113.
- Alani, Aj.; Alousi, Tl.; Al-Bayati, MM. and Hassan, MA. (1989): Vine coccidiosis in mosul, Iraq. *J. Vet. parasitol.* 3, 7- 11.
- Albuquerque R., Berto Bruno P., Catenacci, L. S., Nogueira, S. S. da C., Nogueira-Filho, S. L. G., & G. Lopes, C. W. (2008). Eimerid coccidia from capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in southern Bahia, Brazil. *Pesq. Vet. Bras.* , 28(7), 323–328.
- Arrellano-Rocha, R. E., Melecio-Ramírez, A., Saldaña-Pérez, L., Chagoya-Sánchez, M., Valencia-Posadas, M., & Angel-Sahagún, C. A. (2022). *Prevalencia de nematodos y protozoarios en caprinos del municipio de Irapuato Guanajuato*.
- Arslan, M., Gicik, Y., & Özcan, K. (2002). The Frequency of Eimeriidae Species in the Domestic Geese in Kars Province of Turkey. In *Acta Protozool* (Vol. 41).
- Balicka-Ramisz, A., Ramisz, A., Vovk, S., & Snitynskyj, V. (2012). Prevalence of coccidia infection in goats in Western Pomerania (Poland) and West Ukraine region. *Annals of parasitology*, 58(3), 167–171.
- Bangoura, B., Bhuiya, M.A.I. & Kilpatrick, M. (2022). *Eimeria* infections in domestic and wild ruminants with reference to control options in domestic ruminants. *Parasitol Res* 121, 2207–2232
- Bawm, S., & Lat Htun, L. (2021). Management and control of eimeria infection in goats. In *Goat Science-Environment, Health and Economy*. IntechOpen.
- Bawm, S., Win, T. Z. B., Win, S. Y., Htun, L. L., Nakao, R., & Katakura, K. (2020). First detection of *Eimeria* species in Myanmar domestic goats with both microscopic and molecular methods. *Parasite*, 27.
- Belli, S. I., Smith, N. C., & Ferguson, D. J. P. (2006). The coccidian oocyst: a tough nut to crack! In *Trends in Parasitology* (Vol. 22, Issue 9, pp. 416–423).
- Bennett, M. D., & Hobbs, R. P. (2011). A new eimeria species parasitic in *Isodon obesulus* (Marsupialia: Peramelidae) in Western Australia. *Journal of Parasitology*, 97(6), 1129–1131.
- Berto, B. P., Flausino, W., Ribeiro-Luz, H., Ferreira, I., & Lopes, C. W. G. (2009). Two new *Isospora* species from Brazilian tanager (*Ramphocelus bresilius dorsalis*) of South America. *Parasitology Research*, 105(3), 635–639.
- Blackman MJ, Bannister LH (2001) Apical organelles of Apicomplexa: biology and isolation by subcellular fractionation. *Mol Biochem Parasitol* 117:11–25
- Burrell, A., Tomley, F. M., Vaughan, S., & Marugan-Hernandez, V. (2020). Life cycle stages, specific organelles and invasion mechanisms of *Eimeria* species. In *Parasitology* (Vol. 147, Issue 3, pp. 263–278). Cambridge University Press.
- Cantú-Martínez, M. A., González-Sáenz, I. S., Berto, B. P., Ávila, D. E. Z., Ramírez, R. Á., Cisneros, K. W. V., Aguilar, F. M., & Zarate-Ramos, J. J. (2022). Identificación de especies de *Eimeria* presentes en caprinos (*Capra aegagrus hircus*) en Nuevo León, México. *Revista MVZ Cordoba*, 27.
- Casas, M. C., Cruz, S., Donald, B., Duszynski, W., & Zalles, L. M. (1995). *Three New Eimerians in Capybara (Three New Eimerians in Capybara (Hydrochaeris hydrochaeris Hydrochaeris hydrochaeris)) Populations from Eastern Bolivia*

- and Southern Venezuela Populations from Eastern Bolivia and Southern Venezuela.* <https://digitalcommons.unl.edu/parasitologyfacpubs/172>
- Celi, K., Guzmán, L., & Rey-Valeirón, C. (2022). Apicomplexans in Goat: Prevalence of *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium* spp., *Eimeria* spp. and Risk Factors in Farms from Ecuador. *Animals*, 12(17).
- Cervantes, M. E. (2016). "Evaluación etnofarmacológica de la curcumina (*curcuma longa*) en ovinos estabulados infectados con *eimeria* spp.". (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Chapman, H. D. (1978). Parasitenkunde Studies on the Excystation of Different Species of *Eimeria* in vitro. In *Zeitschrift für Z. Parasitenkd* (Vol. 56).
- Chapman HD (2014) Milestones in avian coccidiosis research: a review. *Poult Sci* 93:501–11
- Chartier, C., & Paraud, C. (2012). Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Ruminant Research*, 103(1), 84–92.
- Creado con BioRender.com
- Cringoli, G., Rinaldi, L., Veneziano, V., Capelli, G., & Scala, A. (2004). The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep. *Veterinary Parasitology*, 123(1–2), 121–131.
- Dauguschies, A., Imarom, S., & Bollwahn, W. (1999). *Differentiation of porcine Eimeria spp. by morphologic algorithms.*
- Dauguschies, A., & Najdrowski, M. (2005). *Eimeriosis in Cattle: Current Understanding.* www.blackwell-synergy.com
- Deger, S., Gul, A., Ayaz, E., & Biçek, K. (2003). *The prevalence of Eimeria species in goats in Van.* <https://www.researchgate.net/publication/286122880>
- de Macedo, L. O., Bezerra-Santos, M. A., de Mendonça, C. L., Alves, L. C., Ramos, R. A. N., & 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*, 44(3), 607–612.
- Diao, N. C., Zhao, B., Chen, Y., Wang, Q., Chen, Z. Y., Yang, Y., Sun, Y. H., Shi, J. F., Li, J. M., Shi, K., Gong, Q. L., & Du, R. (2022). Prevalence of *Eimeria* Spp. Among Goats in China: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12.
- Dryden, M. W., Payne, P. A., Ridley, R., & Smith, V. (2005). *Comparison of Common Fecal Flotation Techniques for the Recovery of Parasite Eggs and Oocysts.*
- Eckert, J., Braun, R., Shirley, M., & Coudert, P. (1995). *BIOTECHNOLOGY Guidelines on techniques in coccidiosis research.*
- El-Shahawi, G. A., El-Fayomi, H. M., & Abdel-Haleem, H. M. (2012). Coccidiosis of domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Egypt: Light microscopic study. *Parasitology Research*, 110(1), 251–258.
- Figueroa-Antonio, A., Pineda-Rodríguez, S. A., Godínez-Jaime, F., Vargas-Álvarez, D., & Rodríguez-Bataz, E. (2018). GASTROINTESTINAL PARASITES OF BOVINE AND CAPRINE LIVESTOCK IN QUECHULTENANGO, GUERRERO, MÉXICO. In *Aceptado: febrero* (Vol. 11, Issue 6).

- Foreyt, W. J. (1990). Coccidiosis and cryptosporidiosis in sheep and goats. In *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* (Vol. 6, Issue 3, pp. 655–670).
- Grønvold, J., 1991. Laboratory diagnoses of helminths common routine methods used in Denmark. In: seminars on parasitic problems in farm animals related to fodder production and management. The Estonian Academy of Sciences, Tartu, Estonia, pp. 47–48.
- Gregory, M. W. (1990). OVINE COCCIDIOSIS: THE PATHOLOGY OF EIMERIA CRANDALLIS INFECTION. In *International Journal for Parasitology* (Vol. 20, Issue 7).
- Hammond, D., Andersen, F., Miner, M. (1963). The occurrence of a second generation in the life cycle of *Eimeria bovis* in calves. *J Parasitol.* 49:428-34
- Jolley WR, Bardsley KD (2006) Ruminant coccidiosis. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 22:613–21.
- Kahan, T. B., & Greiner, E. C. (2013). Coccidiosis of Goats in Florida, USA. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 03(03), 209–212.
- Katris NJ, van Dooren GG, McMillan PJ, Hanssen E, Tilley L, Waller RF (2014) The apical complex provides a regulated gateway for secretion of invasion factors in *Toxoplasma*. *PLoS pathog* 10:e1004074
- Keeton, S. T. N., & Navarre, C. B. (2018). Coccidiosis in Large and Small Ruminants. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 34, Issue 1, pp. 201–208). W.B. Saunders.
- Kheirandish, R., Nourollahi-Fard, S. R., & Yadegari, Z. (2014). Prevalence and pathology of coccidiosis in goats in southeastern Iran. *Journal of Parasitic Diseases*, 38(1), 27–31.
- Koudela, B., Bokova, A., & Bokova, B. (1998). Coccidiosis in goats in the Czech Republic. In *Veterinary Parasitology* (Vol. 76).
- Kusiluka, L. J. M., Kambarage, D. M., Harrison, L. J. S., Daborn, C. J., & Matthewman, R. W. (1998). *Prevalence and seasonal patterns of coccidial infections in goats in two ecoclimatic areas in Morogoro, Tanzania. Small Ruminant Research*, 30(2), 85-91.
- Lagunes Rivera, S. A. (2014). *PREVALENCIA E IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS GASTROENTÉRICOS Y COCCIDIAS EN REBAÑOS CAPRINOS DEL ESTADO DE PUEBLA*. (Master's thesis).
- León Frías, J. M. (2014). *Identificación de endoparásitos del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) y de la cabra doméstica (*Capra hircus*) en zonas borregueras de baja california sur, mediante copromicroscopía*.
- Levine N. (1973) Protozoan parasites of animals and man. 2nd edition. Minneapolis (MN): Burgess Publishing Company; p. 164-86
- Levine ND (1988) The protozoan phylum Apicomplexa. Chemical Rubber Company Press, Boca Raton. Florida (USA) 1:203
- Long, P. L., & Joyner, L. P. (1984). British Museum (Natural History), London. 1 1. Wood, A. E. 1955. A revised classification of the rodents. In *Ann. Parasitol. Hum. Comp* (Vol. 3).
- Lopes, B. do B., Berto, B. P., Luz, H. R., Galvão, G. da S., Ferreira, I., & Lopes, C. W. G. (2014). *Isospora massardi* sp. nov. (Apicomplexa: Eimeriidae) from the

- white-necked thrush *Turdus albicollis* (Passeriformes: Turdidae) from Brazil. *Acta Parasitologica*, 59(2), 272–275.
- Luque, G. (1955). La *Eimeria intricata* (Spiegl). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 21(114), 385-388.
- Macedo, L. O., Bezerra-Santos, M. A., de Mendonça, C. L., Alves, L. C., Ramos, R. A. N., & 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*, 44(3), 607–612.
- Mai J, Virtue A, Shen J, Wang H, Yang XF (2013) An evolving new paradigm: endothelial cells-conditional innate immune cells. *J Hematol Oncol* 6:61
- Mai, K., Sharman, P. A., Walker, R. A., Katrib, M., de Souza, D., Mcconville, M. J., Wallach, M. G., Belli, S. I., Ferguson, D. J., & Smith, N. C. (2009). Oocyst wall formation and composition in coccidian parasites. In *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* (Vol. 104, Issue 2).
- Matos Guedes, L. (2015). *Estudio biopatológico y respuesta inmune en la coccidiosis caprina por Eimeria ninakohlyakimovae: implicaciones en el control de la enfermedad* (Tesis doctoral).
- Melo-Franco, Alho, A. M., & Calero-Bernal. (2015). *MÉTODOS SIMPLES Y PRÁCTICOS DE DIAGNÓSTICO LABORATORIAL DE LAS PRINCIPALES PARASITOSIS INTESTINALES EN ÉQUIDOS*. www.produccion-animal.com.ar
- Metzger, M (2011). Observe young goats for possible coccidiosis symptoms. Michigan State University Extension. www.canr.msu.edu/news/observe_young_goats_for_possible_coccidiosis_symptoms
- Minvielle, M. C., Molina, N. B., Polverino, D., & Basualdo, J. A. (2008). First genotyping of *Giardia lamblia* from human and animal feces in Argentina, South America. In *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* (Vol. 103, Issue 1).
- Modrý, D., Jirků, M., & Šumbera, R. (2005). Three new species of *Eimeria* (Apicomplexa: Eimeriidae) from the silvery mole rat *Heliophobius argenteocinereus* Peters, 1846 (Rodentia: Bathyergidae) from Malawi. *Journal of Parasitology*, 91(5), 1200–1203.
- 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.
- 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. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 107, 389–428.
- Mohammed, O. B. Alagaili, A. N. & Omer, S. A. (2012). *Redescription of Eimeria dorcadis Mantovani, 1966 (Apicomplexa: Eimeriidae) from the dorcas gazelle (Gazella dorcas) in Saudi Arabia*. <http://folia.paru.cas.cz/>
- Morrisette NS, Sibley LD (2002) Cytoskeleton of apicomplexan parasites. *Microbiology and molecular biology reviews: Microbiol Mol Biol Rev* 66:21– 38.
- Mpofu, T. J., Nephawe, K. A., & Mtileni, B. (2020). Prevalence of gastrointestinal parasites in communal goats from different agro-ecological zones of South Africa. *Veterinary World*, 13(1), 26–32.

- Nahavandi, K. H., Mahvi, A. H., Mohebbali, M., Keshavarz, H., Rezaei, S., Mirjalali, H., Elikaei, S., & Rezaeian, M. (2016). Molecular typing of *Eimeria ahsata* and *E. crandallis* isolated from slaughterhouse wastewater. In *Jundishapur Journal of Microbiology* (Vol. 9, Issue 4). Kowsar Medical Institute.
- Nowell, F., & Higgs, S. (1988). *Eimeria* species infecting wood mice (genus *Apodemus*) and the transfer of two species to *Mus musculus*.
- Ovington, K. S., Alleva, L. M., & Kerr, E. A. (1995). Cytokines and immunological control of *Eimeria* spp. *International journal for parasitology*, 25(11), 1331–1351.
- Pence, M. (2011) Coccidiosis in cattle. University of Georgia, collage of veterinary medicine. 1-3.
- Perfield, K., 2010. Coccidiosis in dairy calves and heifers. Elanco Animal Health. 1-2.
- Ramirez, L., Teixeira, W., Flausino, W., Berto, B., Rocha, C., & Gomes, C. (2008). Considerations on the morphology of the species of genus *Eimeria* (Apicomplexa: Eimeriidae) in swines from Municipality of Rio Claro, State of Rio de Janeiro. 238-242 <https://www.researchgate.net/publication/277249444>
- Reeg, K. J., Gauly, M., Bauer, C., Mertens, C., Erhardt, G., & Zahner, H. (2005). Coccidial infections in housed lambs: Oocyst excretion, antibody levels and genetic influences on the infection. *Veterinary Parasitology*, 127(3–4), 209–219.
- Rodríguez Vivas, R. I., Cob-Galera, L. A., & Domínguez-Alpizar, J. L. (2001). Frecuencia de parásitos gastrointestinales en animales domésticos diagnosticados en Yucatán, México. In *Rev Biomed* (Vol. 12, Issue 1). <http://www.uady.mx/~biomedic/rb011214.pdf>
- Ruiz, A., Gonzalez, J. F., Rodríguez, E., Martín, S., Hernández, Y. I., Almeida, R., & Molina, J. M. (2006). *Influence of Climatic and Management Factors on Eimeria Infections in Goats from Semi-arid Zones*. www.blackwell-synergy.com
- Ryan K.J., & Ray C. (2017.), Apicomplexa y microsporidios. Sherris. Microbiología médica, 6e. McGraw-Hill Education. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2169§ionid=162985880>
- Saliba, K. J., & Kirk, K. (2001). *Invited review Nutrient acquisition by intracellular apicomplexan parasites: staying in for dinner*. www.parasitology-online.com
- Silva, A., & Lima, J. D. (1998). *Eimeria minasensis* n. sp. (Apicomplexa: Eimeriidae) in the Domestic Goat *Capra hircus*, from Brazil. In *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* (Vol. 93, Issue 6).
- Silva, L., Vila-Viçosa, M. J. Martins., Nunes, Telmo., Taubert, A., Hermosilla, C., & Cortes, H. C. Arola E. (2014). *Eimeria* infections in goats in Southern Portugal. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária = Brazilian Journal of Veterinary Parasitology: Órgão Oficial Do Colégio Brasileiro de Parasitologia Veterinária*, 23(2), 280–286.
- Striepen B, Jordan CN, Reiff S, van Dooren GG (2007) Building the perfect parasite: cell division in Apicomplexa. *PLoS pathog* 3:78
- Stockdale PH (1980). A brief review of bovine coccidiosis in Western Canada. *Can Vet J* 8:227–230.

- Tadayon, S., Razavi, S. M., & Nazifi, S. (2016). Dynamic Patterns of Systemic Innate Immunity and Inflammatory Associated Factors in Experimental Caprine Coccidiosis. *The Korean journal of parasitology*, 54(6), 719–724.
- 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.
- Vercruyse, J. (1982). THE COCCIDIA OF SHEEP AND GOATS IN SENEGAL. In *Veterinary Parasitology* (Vol. 10)
- Viera L., Lima J., Rosa J. (1997). Development of *Eimeria ninakohlyakimovae*. Yakimoff y Rastigaieff, 1930 Emend Levine, 1961 in experimentally infected goats (*Capra hircus*). *J. Parasitol.* 83: 1015-1018.