

Universidad Autónoma de Sinaloa

Colegio en Ciencias Agropecuarias

Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

**PREVALENCIA, CUANTIFICACIÓN Y FACTORES DE RIESGO asociados a
Cryptosporidium spp EN CABRAS BAJO SISTEMA DE PRODUCCIÓN
EXTENSIVO**

Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

PERLA ELIZABETH BELTRÁN SOBERANES

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. NOHEMÍ CASTRO DEL CAMPO

CO-DIRECTORA DE TESIS:

DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

Culiacán, Sinaloa, México; diciembre de 2024



Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial

Compartir Igual, 4.0 Internacional

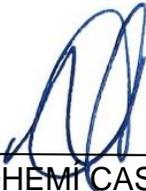


ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **PERLA ELIZABETH BELTRÁN SOBERANES**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTORA



DRA. NOHEMI CASTRO DEL CAMPO

CO-DIRECTORA



DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

ASESOR



MC JESÚS DANIEL SOLIS CARRASCO

ASESOR



DR. MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ GAXIOLA

ASESOR



MC CLAUDIA LEÓNOR BARRAZA TIZOC

CULIACÁN, SINALOA, DICIEMBRE DE 2024

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia que estuvieron conmigo en todo momento. por prestarme su camioneta y soportar que saliera a las 4am en plena pandemia cuando claramente no querían que saliera ni qué manejara con la neblina en ese entonces. Por siempre apoyarme en todo lo nuevo que quiero estudiar.

A mi madre Jexavelina por siempre prepararnos burritos para comer en el camino, A mi padre Humbertiwis por ayudarme en toda la parte estadística de la investigación, ya que pasó un tiempo y yo ya no sabía utilizar esos programas. A mis hermanos Ivan y Humberto porque a pesar de que me fui a otra ciudad a trabajar y se me olvidaron los documentos que se llenaron en campo, siempre estuvieron dispuestos a mandarme foto a cualquier hora que los pidiera y cuando me tocaba desvelarse estudiando ellos se quedaban conmigo. A mi mejor amiga y hermana Amidzky que a pesar de tener a su ser más querido y esperado (Isabella Dayanara) siempre me ayudó con todas las vueltas que tenía que dar a la universidad y por estar lejos no podía.

y finalmente a mis maestros por siempre buscar la manera de terminar este trabajo a pesar de la distancia y las dificultades que tuvimos se encontró la manera.

CONTENIDO		Página
Índice de cuadros		
Índice de figuras		
Resumen		
Abstract		
I. Introducción		1
II. Revisión de literatura		2
2.1 Producción actual de caprinos nacional y estatal		2
2.2 Sistemas de producción caprina		3
2.3 Aspectos históricos de <i>Cryptosporidium</i> spp.		3
2.4 Generalidades de <i>Cryptosporidium</i> spp.		4
2.5 Ciclo de vida de <i>Cryptosporidium</i> spp.		5
2.6 Respuesta inmunitaria		7
2.7 Epidemiología de la Cryptosporidiosis		7
2.8 Prevalencia de <i>Cryptosporidium</i> spp.		8
2.9 Factores de riesgo asociados a <i>Cryptosporidium</i> spp.		9
2.9.1 Signos clínicos y lesiones		10
III. Hipótesis		11
IV. Objetivos		12
4.1 Objetivo general		12
4.2 Objetivos generales		12
V. Material y métodos		13

5.1 Área de estudio	13
5.2 Tipo de estudios y tamaño de muestra	13
5.3 Muestreo	14
5.4 Análisis de laboratorio	15
5.5 Análisis estadístico	15
VI. Resultados y Discusión	16
VII. Conclusión	18

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Sindicaturas del Municipio de Culiacán y unidad de producción correspondientes al muestreo.....	14
2	Niveles de excreción por Castro Hermida (2002).....	15
3	Número de ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp observados por muestra de heces de caprinos.....	16
4	Factores de riesgo asociados a la presencia de <i>Cryptosporidium</i> spp. en heces de caprinos de la sindicatura “El Dorado”.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Inventario de caprinos en Sinaloa de 2009 a 2019 (SIAP 2020)...	2
2	Ciclo biológico de <i>Cryptosporidium</i> spp.	5

RESUMEN

Prevalencia, cuantificación y factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium* spp en cabras bajo sistema de producción extensivo

Perla Elizabeth Beltrán Soberanes

La criptosporidiosis es una infección protozoaria de distribución mundial, ocasionada por diversas especies del género *Cryptosporidium*, la infección puede presentarse generalmente con diarrea, pérdida de peso y retraso del crecimiento. Sin embargo, su presencia también se reporta en animales asintomáticos. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes factores de *Cryptosporidium* spp en cabras con prevalencias y comparaciones de diferentes factores de riesgo bajo sistema de producción extensivo en Culiacán y Navolato en el estado de Sinaloa. Se obtuvieron un total de 92 muestras de excremento. Las muestras se procesaron con el método de Ziehl Neelsen Modificado para detectar la presencia del protozooario. Los resultados fueron analizados para determinar la prevalencia, se encontró con una prevalencia general de 69.57% en las cabras analizadas, un nivel 2 de excreción de ooquistes y si asociación significativa a sexo edad y consistencia de las heces. Se concluye que la prevalencia de *Cryptosporidium* spp en cabras es elevada y es un riesgo para los animales jóvenes y personas con las que cohabitan ya que es una parasitosis zoonotica.

Palabras clave: *Cryptosporidium* spp, cabras, factores de riesgo.

ABSTRACT

Prevalence, quantification and risk factors associated with *Cryptosporidium* spp in goats under extensive production system

Perla Elizabeth Beltrán Soberanes

Cryptosporidiosis is a protozoan infection of worldwide distribution, caused by various species of the genus *Cryptosporidium*, the infection can generally present with diarrhea, weight loss and growth retardation. However, its presence is also reported in asymptomatic animals. The objective of this work was to evaluate the epidemiology of *Cryptosporidium* spp in goats with prevalences and comparisons of different risk factors under an extensive production system in Culiacán and Navolato in the state of Sinaloa. The design of the work included a total sampling of males, females and offspring (n = 92). The samples were processed with the Modified Ziehl Neelsen method to detect the presence of the protozoan. The results were analyzed to determine the prevalence, a general prevalence of 69.57% was found. It is concluded that none of the risk factors generates a discrepancy according to the disease.

Key words: *Cryptosporidium* spp, goats, risk factors.

I. INTRODUCCIÓN

Cryptosporidium spp es un parásito coccidiano que produce ooquistes resistentes y se encuentran en el medio ambiente (Ghoshal, *et al.*, 2018), sus vías de transmisión pueden ser mediante la ruta fecal oral, mediante ooquistes excretados por heces de un hospedader infectado, se ingieren junto con alimentos o agua contaminada y estos infectan el tracto gastrointestinal (Smith, *et al.*, 2007, Ryan U., Fayer, R., & Xiao, L. (2014). La infección en el rebaño puede no ser aparente o presentarse con una morbilidad grave. La criptosporidiosis es común en recién nacidos y generalmente se caracteriza por diarrea, pérdida de peso y retraso del crecimiento (Feng, *et al.*, 2018). Además, la variabilidad en la prevalencia, amplia distribución, la complejidad de su ciclo de vida, la resistencia de diferentes ambientes y la capacidad infectiva ubican al *Cryptosporidium* spp como un agente zoonótico relevante. Factores como la juventud del huésped, la especie de *Cryptosporidium* spp, la vía de infección (contacto directo-ingesta de agua y leche contaminadas), el tipo de explotación, la ubicación geográfica y las condiciones ambientales, influyen en la variabilidad en las tasas de infección (Ramírez et al., 2023., Viviana Ramírez-Navarro², Ricaurte Lopera-Vásquez², Victoria Rodríguez-Guitierrez³, 2023). El objetivo de este trabajo fue evaluar la epidemiología de *Cryptosporidium* spp en cabras con prevalencias y comparaciones de diferentes factores de riesgo bajo sistema de producción extensivo en Culiacán y Navolato en el estado de Sinaloa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción actual de caprinos nacional y estatal.

La producción nacional de caprinocultura en el año 2019 tiene un inventario anual de caprinos fue de 8,791,894 de cabezas donde los principales productores son: en primer lugar, Oaxaca con 1,197,097 cabezas de caprinos, en segundo lugar, Puebla con 1,190,799 cabezas y en tercer lugar San Luis Potosí con 716,600 cabezas (SIAP,2020).

La producción actual en caprinos en el estado de Sinaloa es de 180,510 cabezas en el año 2019, donde su tasa de crecimiento de cinco años fue de 8.84%, el inventario de 2014 fue de 165,837 cabezas como se muestra en la figura 1 (SIAP, 2020).

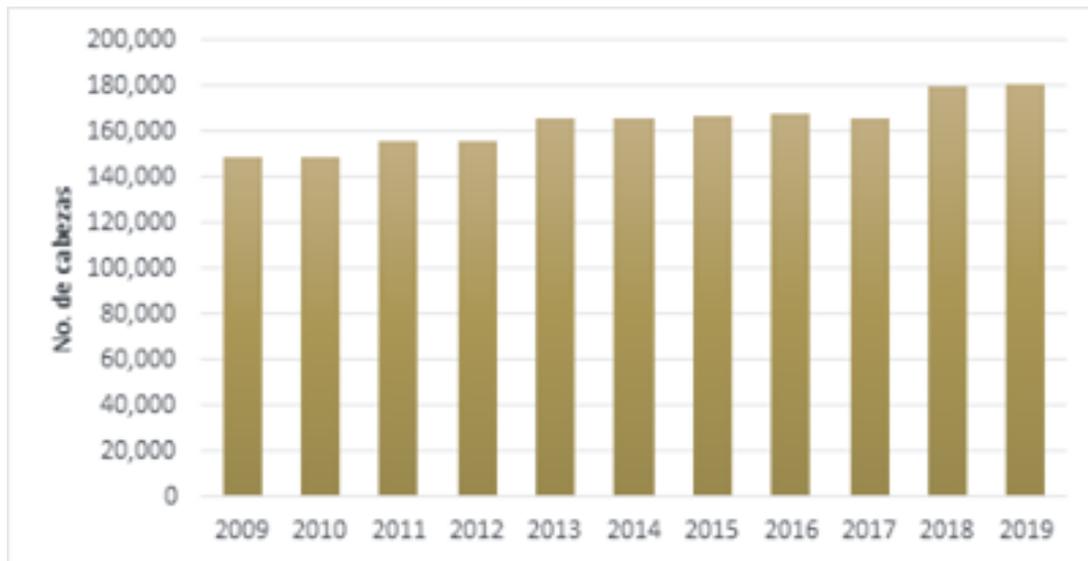


Figura 1. Inventario de caprinos en Sinaloa de 2009 a 2019 (SIAP, 2020).

2.2. Sistemas de producción caprina.

Los sistemas de producción ganadera se basan en la utilización de especies ganaderas de interés zootécnico, capaces de aprovechar eficazmente los recursos naturales mediante el pastoreo (Osoro, *et al.*, 2000). El sistema extensivo requiere grandes extensiones de tierra, ya que esta práctica se basa en la utilización de labores agrícolas como la rotación de cultivos con períodos de cultivos en diferentes áreas (Grossman *et al.*, 2007). Esto tiene una gran ventaja relacionada con la interacción entre cultivos, así el ganado aprovecha los recursos naturales

(Grossman *et al.*, 2007). La ganadería extensiva correctamente manejada, puede convivir con la flora y fauna silvestre como un elemento más de los ecosistemas (Chará *et al.*, 2005).

En este sistema intensivo los animales se encuentran estabulados manteniéndose encerrados la mayor parte de su vida, estos sistemas son totalmente artificiales creados por el hombre, este debe ser eficiente productivamente y su propósito es incrementar la producción en el menor periodo de tiempo (Castañeda Nieto *et al.* 2003). Los sistemas intensivos de producción ganadera nacen en la era de la revolución tecnológica, cuyo objetivo principal es la de obtener un alto beneficio económico, en el menor periodo de tiempo posible, con la administración de alimentos altamente nutritivos, ofrece una eficiencia productiva, pero incrementa el stress en los animales, muchas veces se viola los principios de bienestar animal, aunque ofrece una alta cantidad de alimentos que responde a una demanda del mercado, los productos que ofrecen son homogéneos en cuanto a su calidad, tamaño, forma y sabor (Pereira *et al.*, 2011).

2.3. Aspectos históricos de *Cryptosporidium*

Cryptosporidium fue descrito por primera vez en ratones por Tyzzer en 1907; en 1910 este protozoo se propuso como *Cryptosporidium muris* y en 1912 se describe a *Cryptosporidium parvum* con estadios de desarrollo en intestino delgado de ratones y ooquistes pequeños (Tyzzer, 1912).

En 1982, son reportados 21 casos de criptosporidiosis en humanos infectados con VIH en seis ciudades de EE. UU. (Goldfarb *et al.*, 1982). Ozer *et al.*, (1990) llevaron a cabo el primer estudio sobre este parásito en corderos en la provincia de Elazig. Current y García (1991) establecen la criptosporidiosis como una de las infecciones entéricas más comunes en el humano debido a los aspectos epidemiológicos reportados. Los brotes de enfermedades transmitidas por el agua son eventos relativamente raros en nuestro tiempo, pero hace más de dos décadas Milwaukee experimento el brote de agua potable documentado más grande de la historia de EEUU provocado por el parásito resistente al cloro *Cryptosporidium parvum*, el brote afecto a más de 400 mil personas, el 25% de la población de Milwaukee en 1993 y

dio como resultado más de \$96 millones en costos combinados de atención médica y pérdidas de productividad, según un estudio de los centros para el control de enfermedades de EEUU y prevención (New York Times, 2000).

La causa de este brote fue la entrada de ooquistes de *Cryptosporidium* spp en las plantas potabilizadoras que se nutrían del agua del lago Michigan, su ineficaz producción de coagulación y filtrado y la extraordinaria resistencia de los ooquistes al tratamiento de potabilización con cloro, lo que permitió el paso del parásito al sistema de abastecimiento de la ciudad (MacKenzie, 1994). Aunque no se ha llegado a identificar el foco primario de la infección, se especula que su origen pudo ser en granjas de ganado y/o mataderos con sistemas de alcantarillado que vertían directamente agua sin tratar al lago Michigan o a los ríos que desembocan de él (MacKenzie, 1994).

Por otra parte, Alonso *et al* (2003), estudian la *Cryptosporidiosis* experimental y la influencia de agentes inmunosupresores sobre el ciclo biológico de *Cryptosporidium* y la diseminación tisular. Arcay *et al.*, (1995) señalan al parásito como agente presente en la naturaleza, debido a asociaciones ecológicas que propician su propagación tales como la altitud y la humedad.

2.4. Generalidades de *Cryptosporidium* spp

Cryptosporidium spp es un protozoo parásito intracelular; los ooquistes pequeños de este parásito miden de 4 a 6 micras de diámetro, mientras que los ooquistes más grandes miden de 5.6 a 7.4 micras de diámetro; según sea la especie, los ooquistes son de forma esférica o semiesférica, con presencia de una membrana delgada de una sola capa de 0.5 micras de grosor y en su interior contiene cuatro esporozoitos (Vásquez *et al.*, 1998). Taxonómicamente, se clasifica dentro del Phylum Apicomplexa (presentan complejo apical), clase Sporozoasida (reproducción sexual y asexual con formación de ooquistes), subclase Coccidiasina (el ciclo presenta merogonias, gametogonias y esporogonias), orden Eucoccidiorida (hay esquizogonia), suborden Eimeriorina (se desarrollan macro y microgametos de

forma independiente, y el cigoto es inmóvil) y familia Cryptosporidiae (los ooquistes presentan cuatro esporozoitos y ciclo vital monoxeno, es decir, con un sólo hospedador) (Thompson *et al.*, 2005).

Se han descrito 20 especies dentro del género *Cryptosporidium* (Thompson *et al.*, 2005). *Cryptosporidium parvum* es la especie asociada a humanos, aunque también puede encontrarse en otros hospedadores, ya que no tiene una completa especificidad hacia un huésped en específico (O'Donoghue, 1995). Al respecto, se han reportado más de 150 mamíferos distintos afectados, lo que denota poca especificidad de hospedero; *Cryptosporidium parvum* ha sido identificado en humanos, ratones, bovinos, equinos y muchos otros mamíferos (Fayer, 2004; Xiao y Fayer, 2008).

2.5 Ciclo de vida de *Cryptosporidium*

Los protozoarios del género *Cryptosporidium* tienen un ciclo evolutivo monoxeno, ya que su desarrollo sexual y asexual se completa dentro del tracto gastrointestinal de un sólo hospedador, en el cual se realiza la fertilización del macrogametocito por el microgametocito (Acha y Szyfres, 2003). El ciclo comienza con la ingestión de ooquistes esporulados (Figura 2), cada ooquiste contiene 4 esporozoitos en estado infectivo, los cuales son liberados en presencia de enzimas proteolíticas y sales biliares en el tracto gastrointestinal (Current y Garcia, 1991).

En la etapa asexual del *Cryptosporidium* los esporozoitos alcanzan el borde de los enterocitos mediante movimientos de contracción -extensión y deslizamiento-, para invaginarse y ser englobados por las microvellosidades de la célula hospedadora que encapsula al parásito en su interior formando una vacuola parasitófora (Holland, 1990); al romperse, los enterozoitos invaden las células epiteliales adyacentes madurando nuevamente al tipo I o forma de merontes tipo II (Kosek *et al.*, 2001).

La etapa sexual del *Cryptosporidium* se inicia cuando los merozoitos tipo II penetran nuevas células y se diferencian en gametos femeninos y microgametos (un gameto por merozoito) y en gametos masculinos o macrogametos (14-16 por merozoitos)

(Atias, 1991). Los microgametos fertilizan a los macrogametos y éstos evolucionan hasta ooquistes, que pueden esporular *in vitro*; alrededor de un 80% de los cigotos maduros del *Cryptosporidium* desarrollan una cubierta externa resistente, con una pared gruesa y de 2.5 micra de diámetro, que se transforma en ooquistes infectantes (Acha y Szyfres, 2003). Los ooquistes salen del hospedador con las heces y contaminan el medio ambiente, permitiendo la transmisión y diseminación del parásito; el 20% de los ooquistes restantes tienen una capa delgada, que se rompe con facilidad, auto infectando al hospedador (Stephen y Person, 2001).

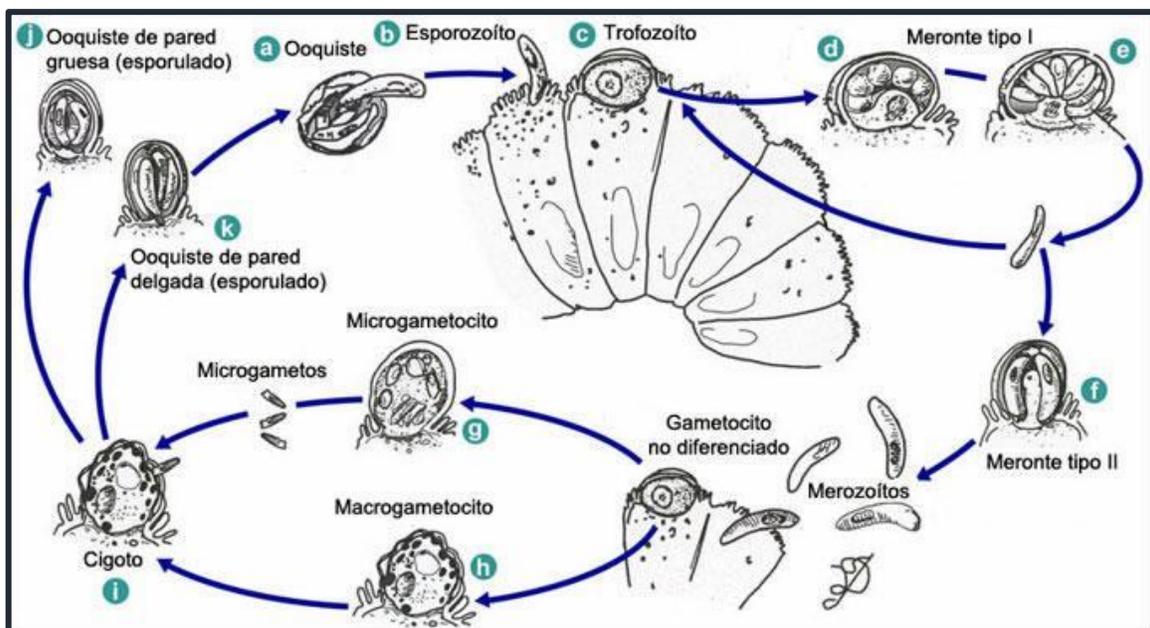


Figura 2. Ciclo biológico de *Cryptosporidium* (Moser et al., 2000).

2.6. Respuesta inmunitaria

La infección por *Cryptosporidium* spp en el hospedador inmunocompetente es generalmente auto limitada y deja en el sujeto inmunidad sólida ante la reinfección, todo lo contrario ocurre con un paciente con defensas linfocitarias o de gammaglobulinas, congénitas o adquiridas, por donde pudiera ocurrir infecciones grave crónicas, estos hechos sugieren que ambos mecanismos celular y humoral

de defensa están implicados en la resolución de la infección y en el desarrollo de la inmunidad (Clavel,1996).

El sistema inmune, tanto humoral como celular, intervienen en el desarrollo de la criptosporidiosis, las evidencias sugieren que, aunque la respuesta de anticuerpos es una parte integral de la respuesta inmune de la infección por *Cryptosporidium* spp, la respuesta celular es más importante en la eliminación de la infección (Fayer y Xiao 2007). La infección conduce a una respuesta inflamatoria intestinal que involucra linfocitos y células fagocitarias, esta respuesta ocasiona un incremento significativo de subconjuntos de células T en la mucosa (Abrahamsen, *et al.*, 1997).

2.7. Epidemiología de la cryptosporidiosis

Las especies del género *Cryptosporidium* son de distribución cosmopolita, el principal mecanismo de infección es la ingestión de ooquistes esporulados por contacto directo o indirecto con el hospedador, este género presenta características epidemiológicas particulares: la dosis infectiva es baja (1 a 10 ooquistes); los ooquistes no requieren maduración exógena una vez excretados, presentan notable resistencia frente a condiciones adversas y se dispersan en el ambiente con la consecuente contaminación del agua (Basualdo *et al.*, 2000). Estudios realizados en el mundo afirman que el agua contaminada es un factor de riesgo para la cryptosporidiosis (Fayer *et al.*, 2000).

Este microorganismo se encuentra en el intestino de muchas aves y mamíferos, también se ha descrito que es parásito de roedores, aves de corral, monos, bovinos y otros herbívoros (Kim, 1994). Puede iniciar la infección en una amplia variedad de especies de mamíferos, terneros, corderos y cerdos lactantes parecen ser los hospedadores reservorio más común (Clavel, 1996). La principal fuente de contaminación en los rumiantes domésticos son las heces diarreicas, excretadas por animales positivos a *Cryptosporidium* spp, en especial rumiantes neonatos (De Graaf *et al.*, 1999; Ortega- Mora *et al.*, 1999). Los ooquistes de *Cryptosporidium* spp permanecen viables en agua de mar durante 1 año, también se ha documentado su

concentración en moluscos bivalvos y existe evidencia creciente de que el parásito puede multiplicarse en ambientes libres de hospederos (Thompson *et al.*, 2016). Los ooquistes de *Cryptosporidium* spp resisten los tratamientos químicos usuales: no sufren alteración después de ser expuestos a 80 ppm de cloro/30 min, e incluso pueden tolerar 24 h en el cloro (Clavel, 1996).

Este microorganismo es ubicuo, ya que su aparición no está limitada a ninguna región geográfica o al grado de desarrollo tecnológico de la misma, los procesos de urbanización acelerados, la expansión de la pobreza, las migraciones no controladas de personas, la facilidad y rapidez en los desplazamientos, el movimiento creciente de animales y de productos de origen animal o la falta de saneamiento ambiental, son algunos de los factores que, sumados a la escasez de normas legales regulatorias, han posibilitado la dispersión del agente y de la enfermedad; esto, junto a la resistencia a los antibióticos, incrementa las tasas de morbilidad y mortalidad (Yoder y Playa, 2010, Fayer, 2004).

2.8. Prevalencia de *Cryptosporidium* spp.

Los estudios sobre prevalencia de la infección por *Cryptosporidium* spp en los animales de granja, se han centrado en el ganado bovino. Sin embargo, estudios de *Cryptosporidium* spp en pequeños rumiantes son escasos (Alonso-Fresan *et al.*, 2005; Ryan *et al.*, 2005). La prevalencia de *Cryptosporidium* spp en distintas partes del mundo es variada y los investigadores reportan el 13.1% en Bélgica (Geurden *et al.*, 2008), 38.8% en Turquía (Baris *et al.*, 2009), 11.3% en Irán (Jamal *et al.*, 2014), otro estudio en Irán por Firoozi *et al.*, (2019) reporta una prevalencia del 2%, y 4% en Katmandú, Nepal (Raj y Bhattarai, 2019). En Europa, varía de 15 a 83%, siendo España uno de los países con mayor presencia de bovinos con *Cryptosporidium* spp. En América, la prevalencia varía de 10 a 75% (Causapé *et al.*, 2002). En Veracruz, México Romero-Salas *et al.*, (2016) reportó una prevalencia de 72.5% en cabras, en la región sur de México se informó una prevalencia del 19.52 % (Guillén *et al.*, 2013). En un estudio realizado en Sinaloa, al analizar la prevalencia de protozoario por época del año, se observó una

prevalencia de 41.58% durante el otoño, mayor que en el verano donde ésta fue del 34.19% (Castro *et al.*, 2017).

2.9. Factores de riesgo asociados a *Cryptosporidium spp*

La prevalencia de este microorganismo es variable, en función a las características socioeconómicas de la población, ya que es más frecuente en los lugares con problemas de infraestructura en la canalización de agua potable, en las piscinas, en la eliminación de aguas residuales y en aquellas que tienen estrecho contacto con animales; siendo mayor en zonas con clima tropical y templado (Basualdo *et al.*, 2000). En países desarrollados, la parasitosis se presenta principalmente en la forma de brotes epidémicos debidos a fuentes de agua contaminada, ya sea redes de agua potable, superficies recreativas (Thompson *et al.*, 2016). Observaron una mayor prevalencia en el sistema de producción intensivo, sugiriendo que esto se debe a que en este sistema de producción los animales están bajo mayores condiciones de estrés y tienen contacto estrecho con otros animales, lo que facilita el contagio; en la región central de Sinaloa se encontró una prevalencia general de 41% en corderos (Castro *et al.*, 2017). Por otra parte, se han observado diferencias en la tasa de prevalencia de acuerdo al sistema de producción; Alonso *et al.*, (2005) indicaron una mayor prevalencia en sistemas extensivos; en tanto que, Castro *et al.* (2017).

2.9.1. Signos clínicos y lesiones

Cryptosporidium spp infecta a las células del epitelio que recubren el tracto digestivo y es muy común en muchas especies de animales (Dalle *et al.*, 2003). Los principales signos en los pequeños rumiantes recién nacidos son la apatía, depresión, anorexia, dolor abdominal y diarrea, acompañado por la eliminación de un número grande de ooquistes infectivos produciendo la pérdida de peso y crecimiento durante las primeras semanas de vida (Gómez *et al.*, 2006). Aunque se observa una variedad de signos clínico, el más común es la diarrea que puede ser

moderada e intermitente en algunos casos, pero profuso y acuosa, en otras ocasiones con presencia de moco rara vez teñida de sangre y con una duración de 2 a 14 días (Murcia *et al.*, 2009). La infección se caracteriza por la lesión de las mucosas y atrofia de las vellosidades con la infiltración propia de las células inflamatorias (Lacroix-Lamandé *et al.*, 2002).

El signo característico de la infección por *Cryptosporidium* spp es la diarrea profusa, aunque no es patognomónica para la enfermedad (Snodgrass y Angus, 1983).

La mortalidad suele ser alta y la morbilidad baja, sin embargo, la mortalidad puede ser alta cuando se asocia a uno de los enteropatógenos del complejo de diarrea neonatal (Rojas, 2004). En crías se observa presencia de edema e hiperemia en los ganglios linfáticos mesentéricos, en el tracto intestinal el íleon presenta congestión marcada, dilatación y presencia de líquido y gases (López, 1997). En la criptosporidiosis los cambios histopatológicos aparecen después de 48 a 72 horas de haber iniciado la infección (Foreyt, 1990).

Este protozoo se caracteriza por causar la disminución de la longitud de las vellosidades intestinales y fusión de las mismas mediante la formación de desmosoma (O'Donoghue, 1995). La mucosa intestinal puede evitar metaplasia, con células epiteliales en forma columnar baja, coboidal y aun escamoso (O'Donoghue, 1995), y en la lámina propia se puede observar dilatación de las criptas de Lieberkhün e inflamación de neutrófilos y células mononucleares (Foreyt, 1990).

III. HIPÓTESIS

La prevalencia de *Cryptosporidium* spp es el 70% con niveles de excreción de 1 y 2, estos están asociados a los factores de riesgo como la edad, consistencia de heces y sexo de cabras bajo sistema de producción extensivo.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar la prevalencia de *Cryptosporidium* spp, cuantificación de ooquistes y factores de riesgo asociados al protozoario en cabras en sistema de producción extensivo.

4.2 Objetivos específicos

- Conocer la prevalencia de *Cryptosporidium* spp en cabras.
- Cuantificar el nivel de excreción de ooquistes de *Cryptosporidium* spp y asociarlos a la consistencia de las heces.
- Determinar la asociación de *Cryptosporidium* spp con la edad y sexo de los caprinos.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio.

El presente estudio se realizó en el municipio de Culiacán Sinaloa, México, en la sindicatura “El Dorado” (24°19'22"N 107°21'47"O), y en el municipio de Navolato Sinaloa, México, en “La Cofradía”, ambas regiones se caracterizan por tener un clima semiseco, muy cálido, con lluvias en verano, según la clasificación de Köppen y modificada por García (1988). Las sindicaturas muestreadas con su respectiva unidad se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Sindicaturas y unidad de producción correspondientes al muestreo.

Sindicatura	Unidad de producción	Total de animales	Caprinos muestreados
El Dorado	Miramar	120	31
El Dorado	Sinahi	150	31
Navolato	La cofradía	47	30

5.2. Tipo de estudio y tamaño de muestra.

En un estudio transversal. El muestreo de las unidades de producción caprina (UPC) se realizó por conveniencia con base a la cooperación del productor debido a que se desconocía el número de corderos exactos en cada UPC, se consideró muestrear animales en cada unidad con diferentes edades y seleccionados al azar, el único criterio de inclusión que se tomó fue que las unidades de producción fueran de sistemas extensivos. De cada unidad de producción caprina se muestreó aproximadamente el 30% de la población y se obtuvieron 92 muestras (cuadro 1) de los cuales en la unidad de producción “Miramar” fueron 31 caprinos que son

cruza de la raza Nubia, alpina y sanen, donde 21 son hembras adultas, 4 machos adultos y 6 son crías. En la unidad de producción de “sinahi” se muestrearon 31 y 24 son hembras adultas, 6 son machos y 1 es cría, de cruza de las razas nubias y alpinas. La tercera unida de producción muestreada es “La Cofradia” se muestrearon 30 animales de la cruza Nubia y alpina donde 22 son hembras adultas, 1 macho adulto y 7 crías.

5.3. Muestreo.

Las muestras de heces recolectaron en el periodo de 15 de diciembre de 2020 al 24 de febrero de 2021, durante las visitas a las unidades de producción se llenó un formato de registro de información: identificación, registro del animal, sexo, edad, famacha (1,2,3 y 4) y consistencia de las heces (normales, blandas, moco y con presencia de sangre).

Las heces se tomaron directamente del recto con guante de látex, todos los animales se identificaron individualmente, se refrigeraron en hieleras con hielo y refrigerantes hasta su traslado al laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, se guardaron en refrigeración y posteriormente se realizó el proceso y análisis de las muestras.

5.4. Análisis de laboratorio.

La técnica utilizada para el diagnóstico de *Cryptosporidium* spp fue mediante la técnica de Ziehl-Neelsen modificada (ZN), las heces se colocaron en tubo de ensayo con agua destilada para posteriormente homogenizarla, el sobrenadante de esta solución se colocó en un portaobjetos para realizar un frotis por muestra la cual se fijó con metanol al 95 %, acto seguido se tiñó con fucsina básica (Golden bell) durante 20 min., transcurrido el tiempo se lavó con agua corriente, se decoloró con ácido sulfúrico al 5 % por un minuto, después de esto nuevamente se lavó con agua corriente, y por último se le añadió tinción verde malaquita (Golden bell) por 5 min., se lavó, se dejó secar y observó en microscopio de luz con objetivo de inmersión

100X, al analizar cada una de las muestras teñidas se idéntico el ooquiste de acuerdo a sus características morfológicas, se llevó a cabo un conteo semicuantitativo donde se determinaron los niveles de excreción de acuerdo con lo descrito por Castro Hermida (2002) el cual se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Niveles de excreción de ooquistes de *Cryptosporidium* spp.

Niveles	Numero de ooquistes
0	0 ooquistes
1	1 ooquistes
2	2–5 ooquistes
3	6–10 ooquistes
4	> 10 ooquistes

5.5. Análisis estadístico.

Los caprinos se consideraron positivos con al menos un ooquistes de *Cryptosporidium* spp la prevalencia se estimó con número de caprinos positivos entre el total de caprinos muestreados. Los resultados de la observación al microscopio (positivo y negativo), los positivos se cuantificaban dependiendo del número de ooquistes observados en la muestra.

La información de las muestras que dieron positivo se utilizó para el análisis de los factores de riesgo (sexo, consistencia de heces y edad), el cual se analizó con la prueba de Chi-cuadrada para cada uno de los factores.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un total de 92 muestras analizadas, 64 resultaron positivas a *Cryptosporidium* spp. donde la prevalencia general es de 69.57% (64/92), dentro de las unidades de producción caprina en el rancho “Miramar” su prevalencia es de 67.74% (21/31), en el rancho “Sinahi” su prevalencia es de 64.51% (20/31), en el rancho “la cofradía” se reporta 76.66% (23/30). La prevalencia general al compararse con un estudio realizado en Veracruz, México donde su prevalencia es de 72.5% (Romero-Salas, *et al.*, 2016) hay una variación del 2.93%, esto puede deberse a que su proceso de muestras fue centrifugado dos veces antes de realizarse la tinción. En Polonia Kaupke *et al.* (2017) reporto una prevalencia de 37.1% en cabras, esto se debe a que los animales muestreados solo fueron cabritos de 9 semanas de edad.

Al realizar el análisis semicuantitativo de ooquistes de *Cryptosporidium* spp se observa en el cuadro 3, donde 40 de las muestras se observaron en nivel 2 de excreción (de 2 a 5 ooquistes) (43.48%) y en 20 (21.74%) se observó un ooquiste. El estudio realizado por Castro *et al.* (2017) reporta que encontró un ooquiste en 292 (61.60%) en corderos de pelo. Causape *et al.* (2002) reporta que en corderos de 22 a 90 días observo de 2 o más ooquistes. Los resultados de este estudio mostraron una prevalencia elevada, en el 100% de las unidades de producción se encontró al protozooario y el nivel de excreción por animal fue de 2-5 ooquistes, lo que implica un alto riesgo de infección para los animales que cohabitan en el predio.

Cuadro 3. Número de ooquistes de *Cryptosporidium* spp observados por muestra de heces de caprinos bajo sistema extensivo.

EZN	Conteo	Porcentaje
0	28	30.43%
1	20	21.74%
2	40	43.48%
3	2	2.17%
4	2	2.17%
5	0	0%
N=	92	

En el cuadro 4 se muestran los resultados con respecto a factores de riesgo. Las pruebas de chi-cuadrada indicaron que ninguna de las variantes fueron significativas ($P > 0,020$), edad, sexo, consistencia de heces y coinciden con Bulla et al. (2024) y Castro, et al. (2017) quienes no encontraron asociación significativa de los animales evaluados y la positividad a *Cryptosporidium* spp, donde este último indicó que la consistencia de las heces no muestra significancia estadística con la prueba de chi-cuadrada. Aunque no se observe diferencia estadística se puede señalar que aun estando positivos a *Cryptosporidium* spp la consistencia de heces normales fue de 70.31%, esto podría deberse a que los animales del estudio eran en su mayoría mayores a 1 año de edad, tal como lo menciona Magallanes et al. (2024), quienes mencionan que el porcentaje de animales con diarreas fue disminuyendo conforme a la edad de becerros, sin embargo, es importante esta condición por la propagación que puede generar en el hato.

Un estudio realizado en Malasia Peninsula por Abdullan et al. (2019) en ganado bovino indicaron que las edades de los animales no ejercieron efectos significativos. Kwabena, et al., (2021) realizó un estudio con bovinos en la región de Ghona donde los resultados de hembras fueron de 24.1% en comparación con los machos de 21.8%, aunque la diferencia no es significativamente estadística los resultados fueron realizados con la prueba de chi-cuadrada y Fisher.

Cuadro 4. Factores de riesgo asociados a la presencia de *Cryptosporidium* spp. en heces de caprinos.

Factores de riesgo	Total	Positivos	Porcentaje
total	92	64	69.57%
Sexo			
Macho	17	10	58.82%
Hembra	75	54	72.00%
Consistencia de heces			
Normales	64	45	70.31%
Blandas	23	17	73.91%
Mucosa	4	2	50.00%
Sangre	0	0	0.000%
Edad			
≥ 1 año	76	54	71.05%
≤ 1 año	16	10	62.50%

VII. CONCLUSIÓN

Se concluye que la prevalencia de *Cryptosporidium* spp en cabras bajo sistemas extensivos de producción es elevada y que el nivel de excreción de los animales puede ser un riesgo de diseminación parasitaria, si bien los factores analizados no resultaron significativos es importante considerar que aún, sin presencia de diarreas la excreción del ooquiste permanece, donde los animales adultos pueden ser la principal fuente de infección al rebaño, por lo que deben implementarse medidas de diagnóstico y seguimiento para prevenirlo, pues además de ser un riesgo para el hato también lo es para los demás animales que cohabitan incluyendo al hombre al ser una infección zoonótica.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abrahamsen M.S, Lancto CA, Walcheck B, Layton W, Jutila MA. 1997. Localization of alpha/beta and gamma/delta T lymphocytes in *Cryptosporidium parvum*-infected tissues in naive and immune calves. *Infect. Immun.* 65, 2428–2433
- Acha, P., Szyfres, B. 2003. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 3° Ed. Volumen III. Parasitosis. Organización Panamericana de Salud. Pp. 23 – 24.
- Alonso, F., García, P., Lara, G., Saltijeral, O., Velázquez, O. 2005. *Cryptosporidium* spp. detection in lambs and ewes in different regions in the state of Mexico using ziehl-neelsen modified staining. Proceedings of the 10th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics. Available at www.sciquest.org.nz
- Alonso-Fresan, M.U., Garcia-Alvarez, A., Salazar-sGarcia, F., Vazquez- Chagoyan, J.C., Pesacador-Salas, N., Saltijeral-Oaxaca, J.,2005. Prevalence of *Cryptosporidium* spp. in asymptomatic sheep in family flocks from Mexico State. *J. Vet. Med.* 52, 482–483.
- Atías, A. 1991. *Parasitología Clínica*.3th.ed.Chile: Mediterráneo: Pp.102-104,438-44,462-466
- Baris O, Culluce M, Sahin F, Ozer H, Kilic H, Ozkan H, Skmen M, Zbek T. 2009. Biological activities of the essential oil and methanol extract of *Achillea biebersteinii* Afan. (Asteraceae) *Turk J.*
- Basualdo, J., Pezzani, B., De Luca, M., Córdoba, A., Apezteguía, M. 2000. Screening of the municipal water system of La Plata, Argentina, for human intestinal parasites. *Int J Hyg Environ Health.* 203: 177-82.
- Baxby, D., Blundell, N., Hart, C.A. 1984. The development and performance of a simple, sensitive method for the detection of *Cryptosporidium* oocysts in faeces. *J Hyg (Lond).* 93: 317-23.

- Causapè, A.C., Quilez, J., Sanchez, Acedo, C., del Cacho, E., Lopez, Bernad, F. 2002. Prevalence and analysis of potential risk factors for *Cryptosporidium parvum* infection in lambs in Zaragoza (northeastern Spain). *Vet. Parasitol.* 104: 287–298.
- Chacín-Bonilla L. 1995. Criptosporidiosis en humanos. Revisión. *Invest Clin.* 36(4):207-50.
- Chermette R., Boufassa-Ouzrout S. 1988. *Cryptosporidiosis: a cosmopolitan*
- Clavel P, A. *Cryptosporidiosis. Mesa Redonda. XII Ed. Curso Zoonosis Emergentes, Universidad de Verano de Teruel, 1996.*
- Cordero Del Campillo, M.; Rojo, F. A.; Martínez, A.; Sánchez, C.; Hernández, S.; Navarrete, J.; DÍEZ, P.; QUIROZ, H.; Carvalho, M. 1999. *Parasitología Veterinaria. Ed. Mc Graw-Hill, Interamericana. 213-221.*
- Current, W.L. García, L.S. 1991 *Cryptosporidiosis. Clin Microbiol Rev.* 4:325 8.
- De Graaf, D.C., Vanopdenbosch, E., Ortega-Mora, L.L., avvassi, H. and Peeters, J.E. 1999. A review of the importance of cryptosporidiosis in farm animals. *Int. J. Parasitol.*, 29:1269-1287.
- Disease in animals and in man. Technical series N°5. Office International DesEpizooties, 2nd Ed. Paris. 122.*
- D.A. Abdullah, S.D. Ola-Fadunsin, K. Ruviniyia, F.I. Gimba, P. Chandrawathani, Y.A.L. Lim, F.F.A. Jesse, R.S.K. Sharma,
- Molecular detection and epidemiological risk factors associated with Cryptosporidium infection among cattle in Peninsular Malaysia,*
- Food and Waterborne Parasitology, 2019. Volume 14.*
- Fayer R, Xiao L. 2007. *Cryptosporidium and Cryptosporidiosis Second Edition, Estados Unidos ; Taylor & Francis Group, LLC: 70- 330 pp*

- Fayer, R. 2004. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. *Vet Parasitol.* 126: 37-56.
- Fayer, R., Morgan, U., Upton, S.J. 2000. Epidemiology of *Cryptosporidium*. Transmission, detection and identification. *Ont. J. Parasitol.* 30:1305-1322.
- Fizoozi Z., Sazmand A., Zahedi A., Astani A., Fattahi-Bafghi A., Kiani-Salmi N., Ebrahimi B., Dehghani-Tafti A., Ryan U., Akrami-Mohajeri F. 2019. Prevalence and genotyping identification of *Cryptosporidium* in adult ruminants in central Iran. *Parasites Vectors.* 12:210
- García E. 1988. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Instituto de geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 144p.
- Guarde, T. Geurden, P. Thomas, S. Casaert, J. Vercruyssen, E. 2008 Prevalencia y caracterización molecular de *Cryptosporidium* y *Giardia* en corderos y cabritos en Bélgica *Vet. Parasitol.* 155:142-145.
- Kim CW. Laboratory animal models for experimental cryptosporidiosis: a minireview. *Research and Reviews in Parasitology* 1994; 54(1): 13-28.
- O'Donoghue, P.J. 1995. *Cryptosporidium* and *Cryptosporidiosis* in man and animals. *International Journal for Parasitology.* 25 (2): 139-195.
- Thompson, R.C., 2005. Giardiasis as a re-emerging infectious disease and its zoonotic potential. *Int. J. Parasitol.* 30, 1259-1267.
- Vásquez, O. Alvarez, R. Gonzales, N. Neme, G. Romeo, R. 1998. Diagnóstico y tratamiento de infección por *Cyclospora cayentanensis* en pacientes pediátricos. *Rev. Gastroent. Perú* 18(2): 116-120.
- Xiao L, Fayer R. 2008. Molecular characterization of species and genotypes of *Cryptosporidium* and *Giardia* and assessment of zoonotic transmission. *Int J. Parasitol.*

- Yoder, J.S. Playa, M.J. 2010. Cryptosporidium factores de vigilancia y de riesgo en los Estados Unidos. *Exp Parasitol.* 124: 31-9.
- Zarlenga. D.S. Trout, J.M. 2004. Concentrating, purifying and detecting waterborne parasites. *Vet Parasitol;* 126: 195-217.
- Goldfarb, J., Tnnowitz, H., Grossner, R., Bonanno, C., Kaufman, D., Ma, P. 1982 Cryptosporidiosis assessment of chemotherapy of males with acquired immunodeficiency syndrome (AIDS). *Morbidity and Mortality Weekly Rep.* 31: 589-91.
- Holland R.E. 1990. Some infectious causes of diarrhea in young farm animals. *Clin Microbiol Rev.* 10:345-375.
- Hanscheid, T., Cristino, J.M., Salgado, M.J. 2008. Screening of auramine-stained smears of all fecal samples is a rapid and inexpensive way to increase the detection of coccidial infections. *Int J Infect Dis.* 12: 47-50.
- Kalman I., C. Lucab., M. Costacheb., C. Salaa., A. Morara., S. Morariuc., M. Sllie., M. Imrec., G.D̄ar̄abus. 2012 Zoonotic *Cryptosporidium parvum* in Romanian newborn lambs (*Ovis aries*) *Veterinary Parasitology* 191 (2013) 119– 122.
- Kosek, M., Alcantara, C., Lima, A. M. Guerrant, R. L. 2001. Cryptosporidiosis: an update. *Lancet Inf Dis.* 1: 262 – 269.
- MacKenzie, W.R. Hoxie, N.J. Proctor, M.E. Gradus, M.S. Blair, K.A. 1994. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *N Eng J Med.* 331: 161-7.
- Ozer, E., Erdogmus, S.Z. Koroglu, E. 1990. Investigation on the incidence of *Cryptosporidia* of calves and lambs in Elazig vicinity. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science.* 14: 439–445.
- Pohjola, S., Jokipii, L., Jokipii, A.M. 1985. Dimethylsulphoxide-Ziehl-Neelsen staining technique for detection of *Cryptosporidial* oocyst. *Vet. Rev* 115:442-443

- Ryan, U.M., Bath, C., Robertson, I., Read, C., Elliot, A., McInnes, L., Traub, R., Besier, B. 2005. Sheep may not be an important zoonotic reservoir for *Cryptosporidium* and *Giardia* parasites. *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 4992–4997.
- Rigo, C.R. Franco, R.M. 2002. Comparison between the modified Ziehl-Neelsen and Acid-Fast-Trichome methods for fecals screening of *Cryptosporidium parvum* and *Isospora belli*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.* 35 (3): 209-214.
- Romero-Salas D., Alvarado-Esquivel C., Cruz-Romero A., Aguilar-Dominguez M., Ibarra-Pietro N., Marino-Charrez J., Pérez A., Hernandez-Tinoco J. 2016. Prevalence of *Cryptosporidium* in small ruminants from Veracruz, México. *BCM Veterinary Research.* 12:14.
- Servicio de información agroalimentaria y pecuaria. 20 de julio de 2020. Población ganadera. Disponible en <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>.
- Stephen, H. G., Person, R. 2001. Principles and practice of clinical parasitology. 1° Ed. John Wiley & Sons, Ltd. 139 – 147.
- Tyzzer, E. E., 1912: *Cryptosporidium parvum* (sp. nov.), a coccidium found in the small intestine of the common mouse. *Archiv für Protistenkunde*, vol. 26. 394-412
- Thompson RCA, Palmer CS, O'Handley R. The public health and clinical significance of *Giardia* and *Cryptosporidium* in domestic animals . *The Veterinary Journal*, Jul 2016 ;177(1):18-25.
- Zorana, K., Radivojevi, S., and Kuli, Z., 2006. *Cryptosporidium* infection in lambs and goat kids in Serbiami. *Acta Veterinaria (Beograd)*, 56, (1): 49-54.

- Ortega-Mora, L.M., Gomez, M., Rojo-Vásquez, F. 1999. Criptosporidiosis en parasitología veterinaria. Editor M. Cordero Del Campillo y M. Rojo. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid. 213-221. ISBN: 84-486-0236-6
- Osoro , K., A. Martínez y P. Castro. 2000. Desarrollo de sistemas eficientes de producción de carne de calidad. Ed. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias, 39 pgs.
- Grossman, S.R., Rosado-May, F.J., GuadarramaZugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V.E., Jaffe, R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Revista Ecosistemas, 16 (1): 13-23.
- Castañeda Nieto, Y., Alvarez-Morales, G., Melgarejo Velásquez, L. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. Veterinaria México OA, 34(1): 39- 46.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. Unasylya: revista internacional de silvicultura e industrias forestales, 239: 31- 40.
- Chará, J., Murgueitio, E. 2005. The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. Livestock Research for Rural Development. 17: 18
- Coordinadores Locales del Proyecto Universidad en el Campo Ing. César Andrés Pereira Morales Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – Managua Nicaragua Dr. Carlos César Maycotte Morales Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo - México MsC. Beatriz Elena Restrepo Universidad de Caldas - Colombia Dr. Francesco Mauro Universidad Guglielmo Marconi - Italia Dr. Abel Calle Montes Universidad de Valladolid - España Lic. María José Esther Velarde Universidad Mayor San Andrés – Bolivia

- HV Smith, SM Cacciò, N. Cook, RAB Nichols y A. Tait, "Cryptosporidium y Giardia como zoonosis transmitidas por alimentos" , *Parasitología veterinaria* . Vol. 149, no. 1-2, págs. 29–40, 2007.
- U. Ghoshal, V. Jain, A. Dey y P. Ranjan, "Evaluación del ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas para la detección de antígenos en heces para el diagnóstico de criptosporidiosis entre pacientes inmunodeprimidos VIH negativos en un hospital de atención terciaria del norte de la India", *Journal of Infección y salud pública*, vol. 11, no. 1, págs. 115-119, 2018
- Y. Feng, U. M. Ryan, and L. Xiao, "Genetic diversity and population structure of Cryptosporidium," *Trends in Parasitology*, vol. 34, no. 11, pp. 997–1011, 2018.