



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

PREVALENCIA E IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS GASTROENTÉRICOS Y COCCIDIAS EN REBAÑOS CAPRINOS DEL ESTADO DE PUEBLA

SERGIO ALBERTO LAGUNES RIVERA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2014



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

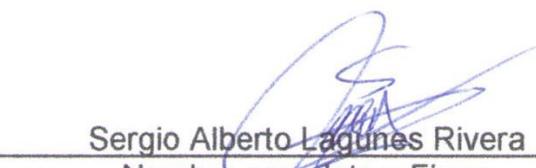
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe, **Sergio Alberto Lagunes Rivera** alumno de ésta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Francisco Calderón Sánchez**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Prevalencia e identificación de nematodos gastroentéricos y coccidias en rebaños caprinos del estado de Puebla** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de ésta Institución.

México, Marzo del 2014


Sergio Alberto Lagunes Rivera
Nombre completo y Firma


Dr. Francisco Calderón Sánchez
Vo. Bo. Profesor Consejero

Puebla, Puebla, México, Marzo del 2014

La presente tesis, titulada: **Prevalencia e identificación de nematodos gastroentéricos y coccidias en rebaños caprinos del estado de Puebla**, realizada por la alumno: **Sergio Alberto Lagunes Rivera**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



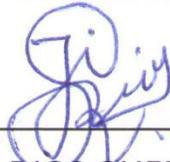
DR. FRANCISCO CALDERÓN SÁNCHEZ

ASESOR:



DR. SAMUEL VARGAS LÓPEZ

ASESOR:



DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR:



DR. PEDRO MENDOZA DE GIVES

ASESOR:

Mc. ENRIQUE LIEBANO HERNÁNDEZ†

Puebla, Puebla, México, Marzo del 2014

PREVALENCIA E IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS GASTROENTÉRICOS Y COCCIDIAS EN REBAÑOS CAPRINOS DEL ESTADO DE PUEBLA

Sergio Alberto Lagunes Rivera, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

La caprinocultura se desarrolla en el 73% de los municipios del estado de Puebla, a altitudes de 900 a 3,000 msnm, donde las condiciones ambientales pueden influir en la presencia de parasitosis. El objetivo del estudio fue determinar la prevalencia de parásitos gastrointestinales e identificar los géneros de nematodos que afectan a los caprinos, en función de tres estratos fisiológicos de los animales y de tres zonas climáticas. El muestreo se realizó en 49 rebaños ubicados en municipios con importancia caprina, los cuales se agruparon en tres zonas en función de su altitud, temperatura y precipitación. En cada rebaño se muestrearon tres estratos de animales: hembras primaras, adultas y sementales, colectando respectivamente, 236, 262 y 50 muestras de 20 g de heces. Con la técnica McMaster se realizó individualmente el conteo de huevos de nematodos y de ooquistes de coccidias (Num/g de heces). En muestras compuestas por estrato de animal de cada rebaño, se realizó un coprocultivo por la técnica de Corticeli y Lai, para identificar los géneros presentes. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis en el programa estadístico SAS. Las medias generales de conteos fueron de 921 huevos de nematodos y de 1307 ooquistes de coccidia, encontrándose que las zonas y el estrato animal influyen sobre el número de huevos de nematodos ($P < .0001$), pero no de ooquistes de coccidia. Las medias de prevalencias de nematodos y coccidias en las cabras fueron de 86% y 93%, respectivamente; existiendo un efecto significativo ($P < .0001$) en función de la zona y el estrato animal. Los géneros identificados de nematodos fueron *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Strongyloides* y *Chabertia*, que representaron respectivamente 64%, 19%, 9% y 8% de las larvas identificadas.

Palabras clave: *Haemonchus*, parásitos, pequeños rumiantes, SIG

PREVALENCE AND IDENTIFICATION OF GASTROENTERIC NEMATODES AND
COCCIDIAN IN GOAT FLOCKS AT THE STATE OF PUEBLA, MEXICO

Lagunes Sergio Alberto Rivera, M. C.

Postgraduate College, 2014

Goat raising in the state of Puebla is carried out in 73% of the municipalities, at altitudes from 900 to 3,000 masl, where environmental conditions can influence the presence of parasitic diseases. The aim of the study was to determine the prevalence of gastrointestinal parasites and identify nematodes affecting goats, according to three physiological animal strata and three climatic zones. Sampling was performed in 49 herds located in municipalities with goat production importance, which were grouped into three zones according to altitude, temperature and precipitation. In each herd, three strata (yearling and adult females, as well as stallions) were sampled, collecting 236, 262 and 50 samples of 20 g of feces, respectively. With the McMaster technique, the counting of nematode eggs and coccidial oocysts (Number / g feces) was performed individually. In pooled samples of each animal stratum by herd, stool cultures using the Corticeli and Lai technique to identify genera present were performed. Statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis test, in the SAS programme. The count averages were 921 nematode eggs and 1307 coccidial oocysts, finding that the areas and the animal stratum influence ($P < .0001$) the number of nematode eggs, but no coccidia oocyst. The mean prevalence of nematodes and coccidia in goats were 86 % and 93 %, respectively; there was a significant ($P < 0.0001$) effect depending on the area and the animal stratum. The genera identified were *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Strongyloides* and *Chabertia*, which accounted for 64 %, 19%, 9% and 8 % of identified larvae.

Keywords: GIS, *Haemonchus*, parasites, small ruminants

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco ampliamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada que me permitió terminar mis estudios de postgrado con Número de becario 1121211.
- Al Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.
- Al Dr. Francisco Calderón Sánchez, por confiar en mí, por la paciencia para terminar este trabajo y por ser parte de mi formación académica.
- Al Dr. Samuel Vargas López, por sus ideas, apoyo y paciencia para realizar y terminar este trabajo. Gracias también por ser parte fundamental de mi formación.
- Al Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez, por su confianza, apoyo, tiempo y paciencia para realizar y terminar este trabajo. Gracias también por ser parte fundamental de mi formación.
- Al Dr. Pedro Mendoza de Gives por su apoyo, tiempo, paciencia y determinación para terminar este trabajo. Gracias por ser parte fundamental de mi formación
- Al MC. Enrique Liébano Hernández, gracias por el apoyo a este trabajo, la enseñanza y la sencillez con la que me orientó. Gracias también por ser parte fundamental de mi formación profesional.

A los Doctores que me dieron clases, mostrando esfuerzo y perseverancia en mi formación académica; a mis compañeros de clase por hacer amena mi estancia en esta fase de mi formación profesional y en general, a todo el personal del Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla, con quienes tuve la oportunidad de convivir.

Mi agradecimiento especial a la LPI 5: Biotecnología Microbiana Vegetal y Animal, por el financiamiento otorgado para la realización del trabajo de campo y de laboratorio.

Asimismo, agradezco la participación económica de FOMIX-CONACYT Edo. de Puebla, a través del proyecto: PUE-2007-77110 “Fortalecimiento de la cadena caprina”

Quiero agradecer al Dr. Roberto Ramírez Hernández, Director General del Comité de Fomento y Salud Animal del Estado de Puebla y a su personal, por el apoyo desinteresado que me ofrecieron para realizar una parte importante de este trabajo, especialmente a los Médicos Veterinarios: Silvestre Luz González Calvario, María de Rosario Huerta Morales, Oscar Huelitl Tehutzitl, Silvia Martínez Suarez, María de la luz Soledad Luna Bobadilla y José Rosales Martínez, quienes apoyaron en el muestreo de los rebaños.

Con un gran respeto y lealtad quiero dedicar este trabajo al **MC. Enrique Liébano Hernández†** quien fue base fundamental para la dirección de este trabajo, dejando un legado más en el área de la parasitología veterinaria. Sé que el día que me presente estarás a mi lado (RIP).

Dedico este trabajo a mi compañera de vida, mi esposa “**Dulce Violeta García Bonilla**”, gracias por tu paciencia.

A ti hija, te dedico este esfuerzo, mi pequeña niña “**Lía Alexandra Lagunes García**”, principal motivo para seguir adelante.

A mi madre “**Lidia Rivera López**”, por creer en mí y por el esfuerzo de entenderme aunque no estés de acuerdo siempre conmigo.

A mi hermano y colega “**Gabriel Ignacio Lagunes Rivera**”, por enseñarme que uno debe seguir su sueño, a pesar de las cosas negativas que se nos presentan en la vida.

A mi padre “**Sergio Lagunes Villa**”, por su apoyo.

A mis abuelos, por la dedicación y tiempo para enseñarme cosas que sólo la experiencia de la vida te puede dar.

A mi amigo Alfredo Tadeo que se portó como un hermano.

A todos mis compañeros en especial a Anayeli, Erick, Alfonso, Neri, Joel, Luis y todos aquellos con los que trabajé en clases.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.	3
2.1 Planteamiento del problema.	3
2.2 Objetivo general y específico.	4
2.3 Hipótesis.	5
III. REVISIÓN DE LITERATURA.	6
3.1. Importancia de la cabra.	6
3.2. Los sistemas caprinos.	7
3.3. Efecto de los parásitos en cabras.	11
3.4. Clasificación de los parásitos.	13
3.5. Nematodos y coccidias: morfología, ciclo biológico y hábitos de sobrevivencia.	14
3.6. Factores predisponentes a la parasitosis.	20
3.6.1. Factores intrínsecos del animal.	20
3.6.2. Factores extrínsecos.	21
3.7. Métodos de diagnóstico parasitológicos.	25
3.8. Control y resistencia parasitaria.	28
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.	32
4.1. Localización del área de estudio.	32
4.2. Definición del área de muestreo.	33
4.3. Muestreo de heces.	36
4.4. Determinaciones en laboratorio.	37
4.4.1. Determinación de conteos y prevalencia de nematodos y coccidias totales.	37
4.4.2. Identificaciones de coccidias de Eimerias.	38
4.4.3. Cultivo e identificación morfológica de larvas.	38
4.5. Análisis estadístico y diseño experimental.	40
V. RESULTADOS.	43
5.1. Conteo y prevalencia de nematodos y coccidias por zona y estrato caprino. .	43
5.2. Identificación y prevalencia de géneros infectantes.	48

5.3. Relación entre las horas de pastoreo y los conteos de huevos de nematodos y ooquistes.	55
5.4. Uso de Antihelmínticos y su relación con los conteos y géneros presentes. ..	59
VI. DISCUSIÓN.	61
6.1. Conteo y prevalencia de nematodos y coccidias.	61
6.2. Larvas infectantes identificadas y su prevalencia en la población caprina.	64
6.3. Géneros presentes y su relación con horas de pastoreo y antihelmínticos usados en los rebaños.	66
VI. CONCLUSIONES.	68
V. BIBLIOGRAFÍA.	69

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Incidencia, estadía, y lugar se supervivencia de los principales parásitos gastrointestinales en la población caprina.	17
Cuadro 2. Comportamiento y desarrollo de nematodos gastroentéricos en relación con la temperatura y la humedad.	23
Cuadro 3. Variables climáticas consideradas para las agrupaciones de las zonas de muestreo.	36
Cuadro 4. Características morfométricas (μ) de nematodos gastrointestinales en su etapa infectante (L ₃).	40
Cuadro 5. Estadística descriptiva de los conteos parasitarios de nematodos y coccidia en cabras ubicadas en diferentes zonas productoras del estado de Puebla.	43
Cuadro 6. Estadística descriptiva de los conteos parasitarios de nematodos y coccidia en diferentes estratos fisiológicos de caprinos en el estado de Puebla.	45
Cuadro 7. Prevalencia de nematodos y coccidias por zona y estrato de animal (%).	48
Cuadro 8. Prevalencia de los géneros de nematodos identificados en los rebaños caprinos del estado de puebla (%).	53
Cuadro 9. Presencia y prevalencia de nematodos y coccidias en función de las horas de pastoreo en los rebaños caprinos.	56
Cuadro 10. Conteo de huevos y géneros de nematodos, en relación a los antihelmínticos utilizados en los rebaños caprinos.	59
Cuadro 11. Prevalencias de huevos y géneros de nematodos, en relación a los antihelmínticos utilizados en los rebaños caprinos.	60

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.	Sistema de producción extensivo en el estado de Puebla. 8
Figura 2.	Sistema semi-extensivo con el aprovechamiento de esquilmos agrícolas. 9
Figura 3.	Sistema intensivo: uso de animales especializados, con control de la alimentación y reproducción. 10
Figura 4.	Vista microscópica (10x10) de estructuras morfológicas un huevo de nematodo (a) y ooquiste de coccidia (b). Adaptado de Quiroz, (1989) y Bowman et al., (2009)..... 15
Figura 5.	Ciclo biológico de Nematodos gastroentéricos en rumiantes. 16
Figura 6.	Ciclo biológico de Coccidias en rumiantes. 16
Figura 7.	Climas y uso agropecuario del suelo en el estado de Puebla..... 22
Figura 8.	Formación de ecorregiones agroecológicas y su relación con las unidades de producción lechera en Canadá. 27
Figura 9.	Geoubicación de las rebaños muestreados y su correlación con las principales géneros de parásitos gastrointestinales en la región de Lombardía, Italia. 27
Figura 10.	Visión geomórfica del estado de Puebla y la ubicación de los rebaños dentro de las áreas de muestreo y en las zonas climáticas. 32

Figura 11.	Análisis de conglomerados (clúster) de los municipios de estudio por su temperatura, precipitación y altitud.....	34
Figura 12.	Agrupación de municipios en el espacio canónico.	35
Figura 13.	Toma de muestra de heces de caprinos.	37
Figura 14.	Técnica de McMaster modificada.	38
Figura 15.	Recolección de larvas (L3) de los coprocultivos e identificación de los géneros de los nematodos gastroentéricos.	39
Figura 16.	Precipitación pluvial acumulada durante el tiempo del estudio.	42
Figura 17.	Conteos de HPG de nematodos por zona (a) y estrato animal (b) en los rebaños caprinos del estado de Puebla.	44
Figura 18.	Conteos de OPG de coccidias por zona (a) y estrato animal (b) en los rebaños caprinos del estado de Puebla.	45
Figura 19.	Distribución de los conteos de HPG de nematodos por estrato de animal y por zona en rebaños del estado de Puebla.	46
Figura 20.	Distribución de los conteos de OPG de coccidias por estrato caprino y por zona en el estado de Puebla.	47
Figura 21.	Localización de las poblaciones de <i>Haemonchus contortus</i> por zona y por estrato caprino.	49
Figura 22.	Localización de las poblaciones de <i>Teladorsagia circumcincta</i> por zona y por estrato caprino.	50
Figura 23.	Localización de las poblaciones de <i>Chabertia ovina</i> por zona y por estrato caprino.	51
Figura 24.	Localización de las poblaciones de <i>Strongyloides papillosus</i> por zona y por estrato caprino.	52

Figura 25.	Comportamiento de los conteos (%) de la población de nematodos gastroentéricos en relación a la zona de muestreo y sus características agroclimáticas.	54
Figura 26.	Cantidad de huevos de nematodos por gramo de heces (HPG) y su prevalencia durante las horas de pastoreo.	56
Figura 27.	Cantidad de ooquistes por gramo de heces (OPG) y su prevalencia durante las horas de pastoreo.	57
Figura 28.	Comportamiento de los conteos de los géneros encontrados y sus prevalencia durante las horas de pastoreo.	58

I. INTRODUCCIÓN

La especie caprina es una de las más diseminadas en el mundo y quizás una de las primeras en domesticarse, cuyo periodo data entre 9,000 aC a 10,000 años (Mason, 1984; Peters *et al.*, 1999; Zeder y Hesse, 2000; Hatziminaoglou y Boyazoglu, 2004). Se estima una población de 924 millones de cabezas, distribuidas en el 70.4% de los países, por lo que prácticamente está presente en todas las zonas climáticas (Di Cerboa *et al.*, 2010; FAO, 2013).

Esta especie cuenta con una alta rusticidad y adaptabilidad a lugares hostiles, donde la agricultura no es muy propicia y donde difícilmente otras especies pecuarias podrían sobrevivir (Devendra y McLeroy, 1982; Mariante y Egito, 2002; Lanari *et al.*, 2003; Alexandre y Mandonnet, 2005). Para estas condiciones, es un animal dócil que coadyuva a la subsistencia de las familias que habitan en estas regiones pobres, generándoles alimentos e ingresos económicos (Silanikove, 2000; Haenlein y Abdellatif, 2004; Alexandre y Mandonnet, 2005; Peacock y Sherman, 2010).

El estado de Puebla cuenta con una población de 1,345.728 cabezas de caprinos, que están presentes en el 73% de sus municipios. Ocupa a nivel nacional el primer lugar en inventario, pero el 4to en producción de carne y 13vo en leche (SIAP, 2012a), reflejando ciertas deficiencias en sus sistemas de producción, asociadas en parte a problemas sanitarios (Arbiza, 1986; Gómez *et al.*, 1996; Mellado, 1997; Hernández, 2000; Pariacote, 2000).

En el manejo sanitario, los problemas ocasionados por parásitos son los que mayormente pueden afectar la subsistencia y sostenibilidad de los sistemas de producción caprina, afectando de manera directa a los animales e indirecta a la economía del productor (Hernández, 2000). Se reporta que hasta un 80% de los problemas en las explotaciones, pueden relacionarse con los parasitosis y entre ellos, los gastrointestinales, que son causantes de una disminución en la ingestión y aprovechamiento de los alimentos (Torina *et al.*, 2004).

Existe una diversidad de parásitos gastrointestinales asociados a las condiciones ambientales de una región, siendo la temperatura y la humedad (Seré y Steinfeld, 1996), los factores climáticos que mayormente determinan la naturaleza y el grado de

infestación (Levine, 1963). Por otra parte, el grado de afección en los animales depende del manejo zootécnico y de sus características intrínsecas como la raza, la edad y la etapa fisiológica, entre otras. Retomando esta última, se han reportado pérdidas por mortalidad del 5 a 25% en animales adultos y del 10 a 40% en animales lactantes (Rekib y Vihan, 1997).

En el viejo continente, se han desarrollado líneas de investigación para determinar cuáles son los principales géneros de parásitos gastrointestinales presentes en la población caprina y los factores predisponentes, lo que ha conducido a implementar enfoques holísticos para su prevención y control (Papadopoulos *et al.*, 2003). En los sistemas caprinos de México y específicamente del estado de Puebla, son pocos los estudios que se han desarrollado para el conocimiento de los tipos de parásitos gastrointestinales que afectan a los caprinos en las diferentes regiones. Por tal razón, la finalidad de la presente investigación fue determinar los recuentos de huevos de nematodos (HPG) y ooquistes de coccidias (OPG), así como identificar los géneros de nematodos y determinar las prevalencias de dichos parásitos en la población caprina del estado de Puebla.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Planteamiento del problema

En las comunidades rurales de diferentes regiones del mundo, las cabras son reconocidas como una importante fuente de alimentación e ingresos para la economía de familias pobres. Bajo estas condiciones, los problemas parasitarios en esta especie han mostrado afectar directa o indirectamente la sostenibilidad de los sistemas de producción (FAO, 2003), haciéndolos ineficientes biológica y económicamente. Al respecto, existen evidencias de huevos de parásitos internos en heces fosilizadas desde hace 225 millones de años en la era Mesozoica (Martínez y Cordero del Campillo, 2001), lo cual da una idea de la importancia que históricamente han tenido los problemas parasitarios en la población animal. Para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO) y la Oficina Internacional de Epizootias (OEI), los problemas parasitarios a futuro podrían considerarse como una epidemia a nivel mundial (FAO, 2003).

Los parásitos gastrointestinales se dividen en dos grandes grupos: los protozoos unicelulares (Amebas, Flagelados, Coccidios) y helmintos pluricelulares (Agirrezabala *et al.*, 2009). A nivel mundial, estos son responsables de daños importantes (Posadas y Ballesteros, 2006; Draksler *et al.*, 2007), causando una disminución de la sostenibilidad de los sistemas de producción animal (Nari, 2011); problema que se acentúa en mayor medida, en aquellos sistemas de subsistencia donde la mortalidad y la disminución de la productividad de los animales son significativas (Ajala, 1995; Rekib y Vihan, 1997b; Rinaldi *et al.*, 2007).

La estrategia inicial de países europeos, fue contabilizar identificar y ubicar geográficamente los diferentes géneros de parásitos presentes en la población animal, para posteriormente, diseñar líneas de investigaciones conducentes al manejo holístico sostenible para su control (Papadopoulos *et al.*, 2003). En Latinoamérica, la mayoría de los gobiernos carecen de información del impacto real de estos problemas, lo que ha dificultado la planificación y medidas de control (FAO, 2003). En México, existen limitados grupos de investigación dedicados a esta temática y menor aún, aquellos dedicados a conocer los daños y las repercusiones de estos microorganismos (Torres-

Acosta *et al.*, 1995).

En el estado de Puebla, donde la caprinocultura resulta ser relevante por concentrar el mayor porcentaje del inventario caprino a nivel nacional, la investigación en parásitos ha sido escasa y no existen estrategias diseñadas para su prevención y control. Por otro lado, Puebla concentra una gran diversidad de climas, experimentando condiciones extremas de temperatura, precipitaciones y altitudes bajas y altas (CONABIO, 2012), lo cual es un factor importante que facilita o impide el efecto y la diseminación de los parásitos.

La mayoría de los diagnósticos parasitológicos en las explotaciones, se basan en la contabilización de huevos de nematodos y/o ooquistes de coccidias en las heces de los animales, que estiman los niveles de infestación y la gravedad de los daños que pueden ocasionar; sin embargo, no es común identificar de manera específica los géneros causales y relacionarlos con los factores predisponentes ligados al animal, al ambiente y el manejo, que permita implementar estrategias específicas para su control.

Con base a lo anterior, en el presente trabajo se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la prevalencia y el nivel de infestación de nematodos y coccidias en las cabras del estado de Puebla, y su relación con diferentes zonas climáticas y estratos fisiológicos de los animales.
- ¿Cuáles son los géneros de nematodos que afectan a las cabras y como se distribuyen en las diferentes regiones de importancia caprina del estado de Puebla?

2.2. Objetivos

General:

Determinar la prevalencia, el grado de infestación e identificación de nematodos y coccidias en caprinos de tres estratos fisiológicos y bajo tres condiciones ambientales en el estado de Puebla.

Específicos:

- Contabilizar los huevos de nematodos y ooquistes de coccidia en tres zonas climáticas y tres estratos caprinos diferentes.
- Determinar la prevalencia de nematodos y coccidias en la población caprina.
- Identificar y localizar geográficamente los géneros de nematodos gastroentéricos y su prevalencia en la población caprina.

2.3. Hipótesis

Las condiciones agroecológicas y el tipo de animal, influyen en la prevalencia y el grado de infestación de nematodos y coccidias, y son determinantes para la presencia de ciertos géneros de parásitos en las poblaciones caprinas del estado de Puebla.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia de la cabra

El caprino es una especie ampliamente diseminada por todo el mundo, estando asociada a comunidades pobres. Sobresale de otras especies por su forma de alimentación, teniendo la particularidad de mover los dos labios, característica que le facilita el aprovechamiento de la vegetación arbustiva, confiriéndole la capacidad de sobrevivir y producir en lugares hostiles con baja disponibilidad de forrajes (Silanikove, 2000; Haenlein y Abdellatif, 2004; Alexandre y Mandonnet, 2005; Peacock y Sherman, 2010). A nivel mundial la especie ha tenido un crecimiento del 2.85% del 2008 al 2011.

Los caprinos son altamente eficientes para transformar los forrajes y los subproductos agrícolas, en productos alimenticios de alto valor nutritivo como la carne y leche (Hoste *et al.*, 2010); además, por su naturaleza, son generadores de empleos e ingresos económicos, particularmente para las familias de zonas marginadas (Silanikove, 2000; Haenlein y Abdellatif, 2004; Alexandre y Mandonnet, 2005; Peacock y Sherman, 2010). Por otra parte, ésta especie presenta notables ventajas por su alta prolificidad, los bajos costos de inversión y con el desarrollo de prácticas adecuadas, se puede alcanzar un sistema sostenible y equilibrado ecológicamente (Boza *et al.*, 1997).

Se considera que el 95% de la población caprina en el mundo se explota con fines de producción cárnica y con base a los últimos datos reportados por la FAO (2011), a nivel mundial se estima una población de 924.1 millones de cabezas, mismas que se ubican en su mayoría el continente Asiático y Africano. Los países que tienen la mayor población caprina son China, India, Pakistán y Sudán, concentrando el 59.1% del inventario; otros países con importancia se encuentran en el continente Africano donde destaca Etiopia, en el continente asiático Mongolia e Indonesia, quienes en conjunto concentran el 34.07% de la población. En el continente Americano se concentra únicamente el 4.3% de ésta población, destacando Brasil y México. En el caso de Europa y Oceanía, son los de menor importancia en inventario, concentrando únicamente el 2.1% y 0.4%, respectivamente.

En términos de producción, las cabras aportan 4,871,286 t de carne, cifra que representa alrededor del 5 % del total de la producción de carnes rojas y 2% entre todos los tipos de

carne. En correlación a la población y la producción, China es el principal productor de carne de esta especie, aportando el 38% de la producción a nivel mundial, mientras que la India, Pakistán y Sudán, aportan el 9.8, 5.5 y 3.9%, respectivamente (FAO, 2013). En cuanto a la producción de leche; la producción total a nivel mundial es de 595.6 millones de t, de las cuales, la leche de cabra representa únicamente el 2.6% (15.1 millones de t); sin embargo, la leche de cabra juega un papel importante en varias partes del mundo, particularmente en países mediterráneos y de Medio Oriente (FAO, 2010).

Con nueve millones de cabras, México es el segundo de mayor importancia en América Latina. De dicho inventario, el estado de Puebla concentra el 16%, confiriéndole ser el de mayor representatividad a nivel nacional. En productos, las cabras hacen un aporte modesto a la producción nacional de alrededor de 286.5 millones de pesos, dado que su producción de carne es de 41,492 t y 155,636 t de leche, que representan el 0.38 y 0.92%, respectivamente (SIAP, 2012b). En el estado de Puebla existen platillos y productos peculiares derivados de la cabra, entre ellos: el “mole de cadera” en festividades del mes de octubre a noviembre, el “chito” y la “barbacoa”, que son típicos de la región mixteca y en la región de Libres, sobresale el queso artesanal.

3.2. Los sistemas caprinos

De acuerdo a Hernández (2000) y con base a la forma de alimentación de los animales, existen básicamente tres sistemas de producción: extensivo, semi-intensivo e intensivo o estabulado, cuyas características en los elementos que los componen y recursos disponibles en cada uno de ellos, muestran múltiples similitudes a nivel mundial (Vázquez *et al.*, 2009). El tipo de sistema está determinado por factores como las presiones ecológicas (Lebbie y Ramsay, 1999), cantidad de tierra disponible, tipo de tenencia y nivel tecnológico (Castel *et al.*, 2010); además, se consideran situaciones políticas (Iñiguez, 2004) y disponibilidad de mano de obra (Alexandre y Mandonnet, 2005), entre otros factores.

El sistema extensivo se basa en el aprovechamiento de los recursos forrajeros naturales mediante el pastoreo (Martín *et al.*, 2001). Los rebaños son aproximadamente de 50 animales, en su mayoría con un tipo de animal local correspondiente a su zona

geográfica (Mariante y Egito, 2002; Lanari *et al.*, 2003). La alimentación está basada en el aprovechamiento de la vegetación de áreas de agostadero, de tierras de cultivo, orillas de caminos y canales de riego (Arbiza, 1986; Gómez *et al.*, 1996; Mellado, 1997; Hernández, 2000; Pariacote, 2000), por lo que la disponibilidad y el tipo de forraje no son constantes en el transcurso del año. Las instalaciones son rústicas y elaboradas con materiales de la región (Carreón-Luna *et al.*, 2007) y generalmente el manejo sanitario es deficiente (Odo, 2003).

En México el sistema extensivo es el principal, cuya dinámica es el pastoreo de los animales durante el día y resguardo en un corral para su protección en la noche (Figura 1). En Puebla, Serrano (2010) reporta que en la región de Libres el rebaño caprino está compuesto por 51.78 ± 28.3 animales y el 88.2% de las explotaciones, basan la alimentación de las cabras en el pastoreo con 7.88 ± 1.05 horas diarias. Desafortunadamente, este sistema ha sido estigmatizado con el deterioro de los recursos naturales, lo que es debido a una mala planeación de pastoreo. Con base a otros estudios, se reporta que en este sistema existe una alta mortalidad y baja productividad, así como crédito limitado y nulos programas de comercialización (Hernández, 2000; Hernández *et al.*, 2001; Nagel *et al.*, 2008).



Figura 1.- Sistema de producción extensivo en el estado de Puebla

Estudios realizados en diferentes regiones, reportan que los productores de estos sistemas en su mayoría son de bajo nivel educativo (sin primaria concluida) y de 24 a 70 años de edad, la mano de obra es familiar y el uso de insumos externos es mínimo. Por otra parte, los animales recorren en promedio 3 km en 7 horas de pastoreo por día. En el rebaño, los animales son de edades heterogéneas y se carece de un programa de reemplazos, manteniendo a los animales viejos e improductivos. Los corrales son rústicos elaborados con materiales de la región y presenta deficiencias en el manejo reproductivo y sanitario, sobresaliendo en estos últimos, problemas respiratorios y parasitarios (Hernández *et al.*, 2001; Arias y Alonso, 2002; Vargas *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2011; Rebollar-Rebollar *et al.*, 2012; Trujillo, 2012; Hernández, 2013).

En el sistema semi-intensivo (Figura 2), la alimentación se basa en el uso de agostaderos o praderas establecidas, más el aporte proteico y energético de una suplementación de mediana calidad, usando granos y esquilmos agrícolas (Hernández *et al.*, 2001). El pastoreo es diurno, similar al extensivo, pero debido a la suplementación, permite reducir las horas de pastoreo. Las instalaciones ofrecen un mayor bienestar, con respecto a los sistemas extensivos (Fuente *et al.*, 1989). Generalmente, cuenta con un tipo de animal cruzado local y/o razas especializadas y la mano de obra es familiar. Los productores son de características similares a los del sistema extensivo. El manejo sanitario consiste básicamente en el tratamiento de enfermedades y la desparasitación (Hernández, 2000).



Figura 2. Sistema semi-extensivo con el aprovechamiento de esquilmos agrícolas.

El sistema intensivo es el más especializado y tiene confinamiento total (Figura 3), contando con suministro de alimentos energéticos-proteicos, además de los aportes de minerales y vitaminas, que cubren los requerimientos por etapa productiva. Generalmente, se utilizan razas especializadas de alto valor genético y con altas producciones de acuerdo con su función zootécnica (Hernández, 2000). En función del tamaño, la mano de obra es básicamente asalariada y su propósito principal es la producción de leche y animales de reemplazo, por lo que cuenta con adecuados niveles de producción, de ganancias de peso y de conversión alimenticia (Macedo y Castellanos, 2004).



Figura 3. Sistema intensivo: uso de animales especializados, con control de la alimentación y reproducción

Existen factores sociales, económicos, zootécnicos y ambientales que delimitan los sistemas en cada zona del mundo, entre ellas: las presiones ecológicas (Lebbie y Ramsay, 1999), tipo de tenencia y nivel tecnológico (Castel *et al.*, 2010); políticas públicas (Iñiguez, 2004), y disponibilidad de mano de obra (Alexandre y Mandonnet, 2005).

Independientemente del sistema caprino existente, comparten problemas sanitarios en común, estando presentes en la mayoría de ellos las enfermedades virales, bacterianas y parasitarias (Arbiza, 1986; Gómez *et al.*, 1996; Pariacote, 2000; Hernández *et al.*,

2001; Lilenbaum *et al.*, 2007), que pueden ser infecciosas y no infecciosas, siendo brucelosis, micosis de pezuñas y pasteurelisis las más relevantes (Nyange y Machange, 1983; Connor, 1985; Njau, 1987; Ba *et al.*, 1996; Henrioud, 2011).

Los problemas parasitarios de magnitud elevada pueden acarrear debilidad, enflaquecimiento, retardo del crecimiento y la muerte del animal (Kumar *et al.*, 2003; Sutar *et al.*, 2010). Lo anterior conlleva a pérdidas económicas, afectando los sistemas extensivos (Nari, 2011) con mortalidades del 15 y el 25% en adultos y crías, respectivamente (Rekib y Vihan, 1997b). También ocasionan pérdidas en la producción de leche, las cuales pueden alcanzar 6% (Manfredia *et al.*, 2010), aunadas a pérdidas de grasa del 29,9%, proteínas 23,3% y de lactosa de un 19,6% (Rinaldi *et al.*, 2007).

3.3. Efectos de los parásitos en las cabras

Los parásitos se definen como aquellos organismos que con el fin de alimentarse y/o completar su ciclo de vida, dependen de otra especie. Estos pueden alojarse dentro del organismo benefactor llamado huésped, siendo característico que éste último sea de mayor tamaño (Gállego, 2006). Los parásitos se clasifican en ectoparásitos (externos), aquellos que viven en la piel y tejido capilar y los endoparásitos (internos), que viven en el interior de su huésped (Vignau *et al.*, 2005). A pesar de los avances científicos y tecnológicos importantes en medicina veterinaria y biología molecular, los problemas parasitarios, en su mayoría curables y prevenibles, sigue siendo una amenaza permanente en la población caprina del mundo.

Los efectos ocasionados por problemas parasitarios se reflejan en pérdida de peso de los animales, retraso de crecimiento, desnutrición, baja conversión alimenticia y muerte, pudiendo ser influenciados por las condiciones climáticas (Devendra y McLeroy, 1982; Herbert, 1982; Peacock, 1996; Lefevre *et al.*, 2003; Odo, 2003). Desde el punto de vista nutricional, la presencia de parásitos provoca una disminución en la disponibilidad de nutrientes para el animal, se reduce el apetito de las cabras, disminuye la digestibilidad de los alimentos y se da una desviación de nutrientes para reparar las lesiones que causan los parásitos en los tejidos (Hoste *et al.*, 2000).

Los efectos económicos de los parásitos se ven reflejados en pérdidas directas por una

disminución en la producción, efectos sobre la calidad de los productos y mortalidad de los animales. Además, se tienen pérdidas indirectas debidas a los costos que implica su prevención, tratamiento y control; entre ellos, análisis en laboratorios, desparasitantes, antibióticos, costos de administración, de asesoría técnica y manejo del rebaño (Hoste *et al.*, 2011).

En Italia se reporta que los parásitos son responsables del 6% de las pérdidas económicas en la agricultura (Manfredia *et al.*, 2010). Además de las pérdidas económicas, los parásitos gastrointestinales afectan al medio ambiente por el uso de productos químicos, a los que paulatinamente los parásitos han generado resistencia y han dado como resultado el incremento de las poblaciones parasitarias. Derivado de lo anterior, también afectan la salud pública por la presencia de residuos químicos en la leche y carne (Guimarães *et al.*, 2011).

El control de los parásitos es complejo debido a la diversidad de factores que permiten su multiplicación y diseminación, entre ellos las condiciones ambientales (temperatura, humedad, lluvia, radiación solar y viento), características del suelo (porosidad, textura y consistencia) y del agua. De manera natural, el suelo y agua se contaminan por defecación directa de los animales, y/o por la utilización de estiércol como abono y de aguas residuales para riego. Por otra parte, la intensificación del uso de agostaderos dada por la frecuencia de uso y carga animal, es uno de los factores de manejo que influye de manera directa (Rumhein *et al.*, 2005).

En la población caprina los problemas por parásitos, en especial los gastroentéricos, son de los de mayor importancia (Rinaldi *et al.*, 2007). Dentro de estos, los nematodos y las coccidias, son los parásitos más comunes (Almalaik *et al.*, 2008; Alberti *et al.*, 2012). La coccidia afecta principalmente en las etapas juveniles de los animales y se acentúa en sistemas de cría intensiva (Abo-Shehada y Abo-Farieha, 2003). La prevalencia de nematodos está determinada por el tipo de sistema y las condiciones agroclimáticas, estos parásitos se ven afectados por temperaturas menores a 5°C y clima seco (Abebe *et al.*, 2010).

3.4. Clasificación de los parásitos

Clásicamente los parásitos se dividen en Artrópodos, Protozoos y Helmintos. Los artrópodos son organismos compuestos por segmentos, teniendo algunos de ellos articulaciones. Estos son considerados como ectoparásitos y entre ellos se encuentran las moscas, mosquitos, ácaros, garrapatas, piojos, pulgas y otros. Estos pueden ser vectores de otros parásitos y enfermedades en los ciclos biológicos (Bowman *et al.*, 2009).

Los protozoos son organismos de vida libre y de reproducción asexual, teniendo flagelos para garantizar su locomoción. Algunos de ellos son altamente patógenos, provocando enfermedades como la malaria, piroplasmosis y coccidiosis. Entre los protozoarios patógenos más importantes están: *Tripanosoma*, *Leishmania*, *Trichomonas*, *Giardia*, *Amebas*, *Apicomplexa*, Coccidios (*Eimeria*, *Cryptosporidium*), *Toxoplasma*, *Neospora*, *Hammondia*, *Sarcocystis*, *Klossiella*, *Hepatozoon*, los ciliados *Balantidium*, además de hemosporidios (Anderson, 1982; Bowman *et al.*, 2009).

La última clasificación son los helmintos, donde se agrupan los parásitos Phylum Platelmitos (gusanos planos). Existen tres clases Turbellaria, Trematodos (duelas) y Cestodos (Tenias), estos son de cuerpo aplanado y aplastado dorso ventralmente, de sexualidad hermafrodita; casi todos ellos son de clase carnívora de vida libre. Turbellaria, es un parásito de estructura similar a los nematodos gastrointestinales, este parásito es el más importante en veterinaria en fases adultas, presentes en intestinos, conductos biliares, pulmonares, vasos sanguíneos y otros órganos (Liébano, 1999; Bowman *et al.*, 2009).

Los trematodos constituyen un grupo heterogéneo de parásitos planos (platelmintos), que agrupa a los helmintos y son los más abundantes en el reino animal, después de los nematodos. Son de reproducción sexual y asexual y se dividen en tres subclases: *Aspidogastrea*, *Digenea* y *Monogenea*, este último se desarrollan directo en animales anfibios y acuáticos. Todo trematodo que infecta a los animales domésticos, pertenecen al género *Digenea* (metacercarias de fasciola hepática) (Bowman *et al.*, 2009).

Las Tenias pertenecen a la clase de los Cestodos. Son los parásitos más largos de

todos, de cuerpos parenquimatosos, hermafroditas funcionales y de cuerpo estróbilos. En etapas adultas contienen un escólex, órgano de sujeción a la pared intestinal del huésped (Quiroz, 1989). La de mayor interés veterinario es la Pseudophyllidea (*Taeniidae*, *Mesocestoididae*, *Anaplocephalidae*, *Dipylidiidae* *Hymenolepididae*). Todas las tenias en ovinos y caprinos pertenecen a la familia *Anaplocephalidae* (*Moniezia* spp) utilizando un huésped intermedio (artrópodos). Una vez que ingresa al huésped definitivo se adhiere a las paredes del intestino donde permanece hasta completar todo su ciclo (Quiroz, 1989).

El Orden Strongylida se divide en cuatro familias: *Strongyloidea*, *Trichostrongyloidea*, *Ancylostomatoidea* y *Metastrongyloidea*. La morfología de estos parásitos difiere de acuerdo a su dimorfismo sexual, teniendo capsulas bucales bien desarrolladas con dentadura. Los parásitos de interés son de la familia de los *Trichostrongyloidea*, ya que generalmente son patógenos de los monogástricos y los rumiantes, donde se encuentran los géneros: *Trichostrongylus*, *Haemonchus*, *Ostertagia*, *Cooperia*, *Hyostrongylus*, *Amidostomum*, *Nematodirus*, *Dictyocaulus*. Son nematodos pequeños de 7mm de longitud, careciente de dilatación cefálica sin capsula bucal, de espículas cortas.

Los *Trichostrongylus* spp son fáciles de confundir con los *Strongyloides* spp y las especies de *Cooperia* (Kassai, 2002; Bowman *et al.*, 2009; Liébano *et al.*, 2011). La presencia y supervivencia de todos los nematodos gastroentéricos en los animales se da a partir de la patología de cada género, está ubicado en una parte anatómica de los animales (Cuadro 1) y además de la dependencia del clima (Kaufmann, 1996; Alexandre y Mandonnet, 2005)

3.5. Nematodos y coccidias: morfología, ciclo biológico y hábitos de sobrevivencia

Morfológicamente los tricostrongílidos (nematodos) y ooquistes de protozoarios (coccidias), son muy diferentes (Figuras 5 y 6). Los huevos de los Tricostrongílidos son de mayor tamaño (80X45 μm) que las coccidias (27X20 μm); sin embargo, estos últimos tienen más componentes estructurales, como se muestra en la Figura 4.

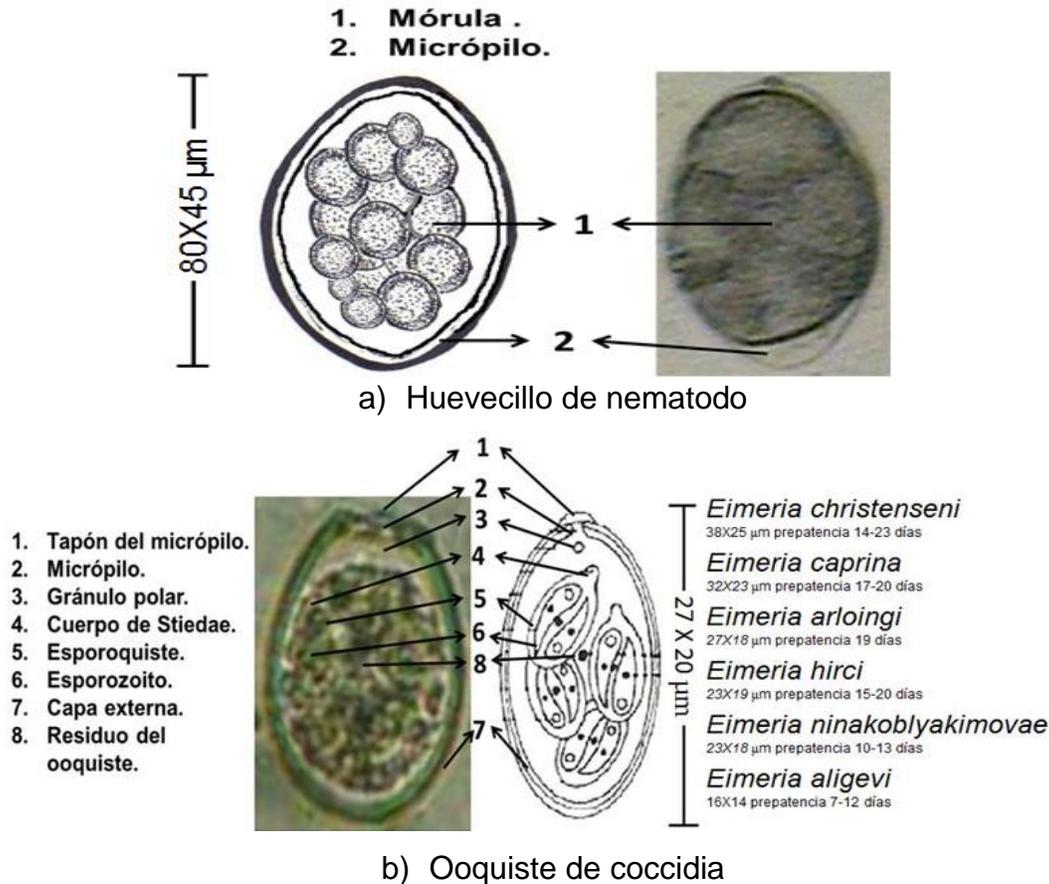


Figura 4. Vista microscópica (10x10) de estructuras morfológicas un huevo de nematodo (a) y ooquiste de coccidia (b). Adaptado de Quiroz, (1989) y Bowman *et al.*, (2009).

Los huevos de los nematodos son morulados y su ciclo biológico es directo, siendo ovopositados dentro del hospedero y expulsados en las heces de los animales al medio ambiente (Bowman *et al.*, 2009; Liébano, 2010). Externamente, requieren de humedad y temperatura para su desarrollo. En su primera etapa (L_1) existe un desarrolla dentro del huevo hasta llegar a la eclosiona al medio ambiente, pudiendo variar de 1 a 2 días según la especie y la temperatura ambiente. En la segunda etapa de desarrollo (L_2) las larvas se desarrollan y alimenta de microorganismos presentes en las praderas. En la tercera etapa (L_3) se cubre de una vaina cuticular y permanece en letargo hasta ser ingeridas por el animal; en esta fase, su supervivencia depende de la temperatura, la humedad y de sus reservas alimenticia (Quiroz, 1989).

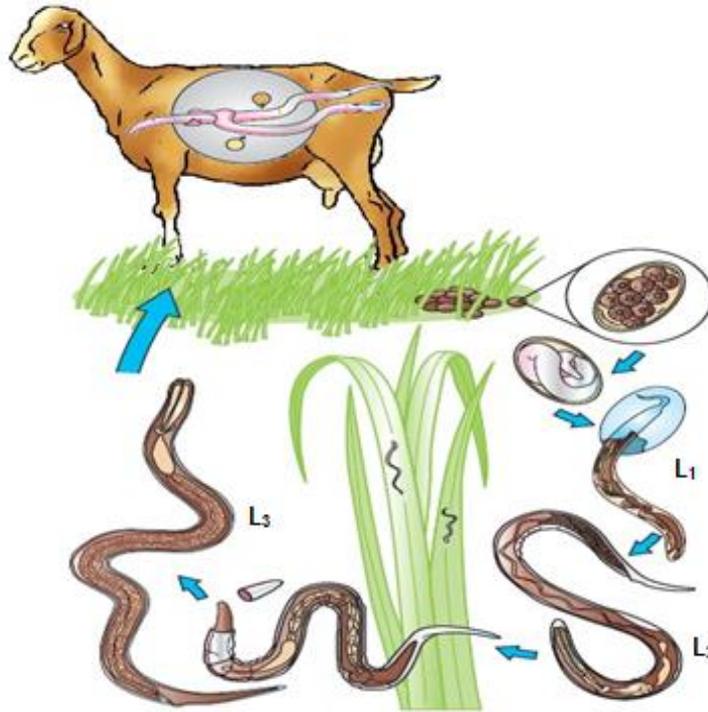


Figura 5. Ciclo biológico de Nematodos gastroentéricos en rumiantes. Adaptado de Foreyt (2001) y Bowman *et al.* (2009).

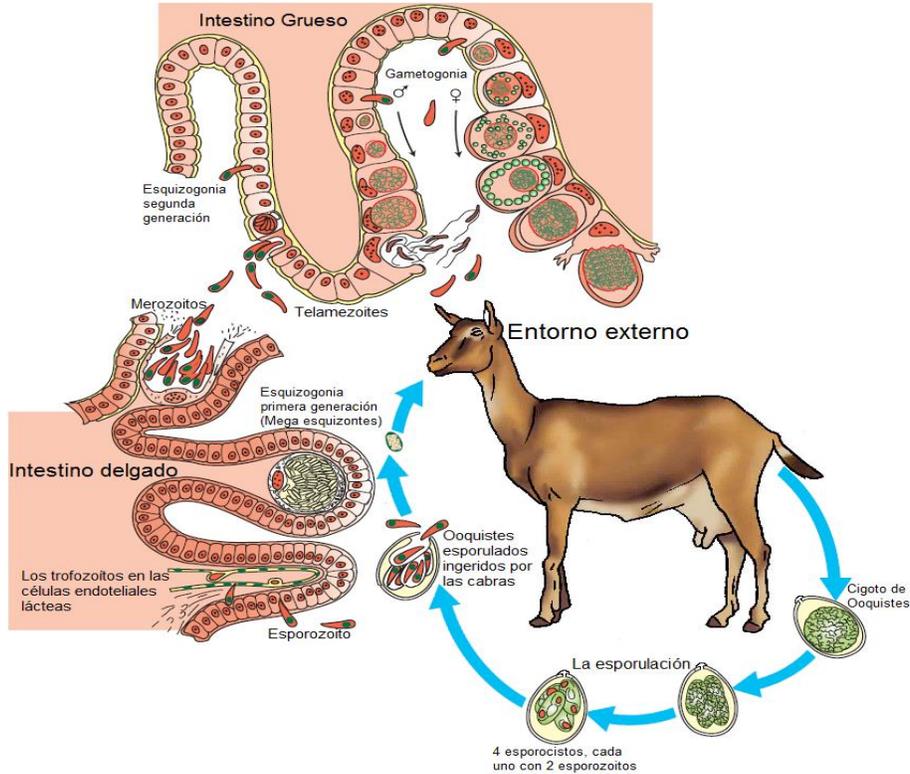


Figura 6. Ciclo biológico de coccidias en rumiantes. Adaptado de Foreyt (2001) y Bowman *et al.* (2009).

Los ciclos evolutivos de nematodos y coccidias son muy similares, siendo de ciclo directos y requiriendo de las cabras como su huésped final para completar su ciclo de vida; sin embargo, los ooquistes de coccidias cubren dos fases: la sexual y la asexual. Las coccidias de primera generación (megaschizonts) se producen en células centrales del intestino delgado y la segunda generación gametogonia (esquizogonia), en células epiteliales del intestino grueso (Bowman et al., 2009; Liébano, 2010).

Cuadro 1. Incidencia, población afectada y lugar de supervivencia de los principales parásitos gastrointestinales en la población caprina.

Genero	Época de mayor incidencia	Población afectada	Lugar de supervivencia	Autor
<i>Haemonchus</i>	Primavera otoño y verano	Toda la población.	Abomaso	Echevarria <i>et al.</i> , 1996; Papadopoulos <i>et al.</i> , 2003
<i>Trichostrongylus</i>	Fin de la primavera y entre otoño e invierno	Sementales y hembras adultas	Abomaso e intestino delgado	Johnstone, 1998; Gruner <i>et al.</i> , 2002; Vázquez-Prats y Bautista, 2010.
<i>Chabertia</i>	Inicio de temporada invernal	Hembras y Corderos	Intestino grueso	Vega, 1971; Vázquez-Prats y Bautista, 2010
<i>Oesophagostomum</i>	Inicio de temporada invernal	Hembras gestantes y lactantes Corderos	Abomaso, intestino delgado y parte final del intestino grueso	Vega, 1971; Torres-Acosta <i>et al.</i> , 1995; Echevarria <i>et al.</i> , 1996; Sangster, 1998
<i>Teladorsagia/Ostertagia</i>	Primavera verano e invierno	Lactantes y adultos	Abomaso	Echevarria <i>et al.</i> , 1996; Gruner <i>et al.</i> , 2002
<i>Nematodirus</i>	Primavera verano e invierno	Primales y adultos	Intestino delgado	Di Cerboa <i>et al.</i> , 2010; Liébano, 2010
<i>Eimeria</i>	En verano o aumento de humedad	Primales y adultas	Intestino delgado	William y Katherine, 2006
<i>Moniezia^b</i>	Todo las épocas	Animales menores de un año	Intestino delgado	Borchert, 1981; Shoulsby, 1987; Rodríguez-Vivas <i>et al.</i> , 2001
<i>Trichuris</i>	Primavera, verano	Adultos	Intestino grueso	Pino <i>et al.</i> , 1997; Vázquez-Prats y Bautista, 2010

*a Estrogilos, *b Eimeria

En el Cuadro 1 se presenta la incidencia, población afectada y lugar de supervivencia de los principales parásitos gastrointestinales. Puede observarse que aun cuando hay ciertas particularidades para cada uno de los parásitos presentados, prácticamente en todo el año puede haber una fuerte incidencia de estos. Asimismo, todos los animales en sus diferentes edades y etapas fisiológicas son susceptibles. Por otra parte, se observa que el lugar de supervivencia más común en los pequeños rumiantes, es el intestino delgado y el abomaso.

Haemonchus: Género considerado el más prolífico, presentando ovoposición de 5,000 a 10,000 huevos por día (Vignau *et al.*, 2005), característica que predispone su alta presencia de este género en la mayoría de las enfermedades gastrointestinales (Rinaldi *et al.*, 2007) y para que se encuentre en diferentes regiones climáticas. Este es un parásito hematófago localizado principalmente en el abomaso, que tiene un alto rango de adaptación y de acuerdo a Di Cerboa *et al.* (2010), se desarrolla en condiciones de alta humedad y frío. Pero también en altas temperatura y sequía (Pino *et al.*, 1997), siendo más favorable las condiciones de una temperatura media superior a 18 °C y lluvia media mensual que excede los 50 mm (Gordon, 1953).

Chabertia: Género que se encuentra localizado en el intestino grueso del animal y con resistencia a climas fríos, por lo que presenta una mayor intensidad a inicios de la época invernal; sin embargo, estudios han mostrado que presenta una baja población en primaras a fines de septiembre y principios de octubre, y en adultas después del parto en épocas donde la temperatura es más alta (Torres-Acosta *et al.*, 1995; Sangster, 1998).

Oesophagostomum: Género que ocasiona granulomas en el intestino delgado y grueso, aunque su desarrollo más rápido es en el Intestino delgado. Se presenta en cualquier época del año y puede estar presente en hembras gestantes y lactantes (Dash, 1973).

Teladorsagia/Ostertagia: Este parásito se encuentra en el abomaso de los animales (Trapani *et al.*, 2013). Presenta un mayor desarrollo con el aumento de la temperatura y la humedad del ambiente (Jara, 2001), siempre presente en combinación con otros géneros, causando grandes mortalidades en las poblaciones (Urquhart *et al.*, 1996), los huevos se desarrollan a partir de 7-8 °C (Vignau *et al.*, 2005).

Nematodirus: Género importante que genera una alta mortalidad en combinación con otros géneros (Urquhart *et al.*, 1996), provisto de una cutícula especial que le permite una alta sobrevivencia a condiciones adversas; sin embargo, es poco presente en áreas tropicales (Kaufmann, 1996).

Trichostrongylus: El aumento de la ovoposición de este parásito en hembras primíparas, parece presentarse al inicio de la primavera; sin embargo, en la población múltipara el aumento se presenta en octubre y noviembre, coincidiendo con el comienzo de las mayores temperaturas (Anderson, 1982; Johntone, 1998). Existe un aumento de huevos en heces fecales durante las pariciones, que parece estar ligado a una relajación del sistema inmune derivado de la descompensación hormonal durante la lactancia (presencia de la hormona prolactina), el cual ocasiona la maduración de larvas (Armour, 1978; Anderson, 1982; Torres-Acosta *et al.*, 1995).

Eimeria: Genero de protozooario presente a mediados de verano e inicio de otoño donde el aumento de la humedad está presente, afectando en mayor medida a los animales más pequeños y donde existe mayor mortalidad (Dee Whittier *et al.*, 1997). Las condiciones secas, cálidas y con frío extremo, reducen la vida de ooquistes infectantes (Mbuh *et al.*, 2008), aunque se han encontrado sobrevivencias en temporadas invernales con temperaturas extremas en estiércol, suelo y la vegetación (William y Katherine, 2006).

Moniezia: Cestodo presente en todo el año, ya que este es el huésped intermediario (ácaros oribátidos), encontrándose presente en la mayoría de épocas del año (Accattoli *et al.*, 2010), infestando principalmente a hembras menores de un año. Estando fijado sobre la mucosa intestinal, lacerándola y aumentando la secreción de moco por las células caliciformes, provocando enteritis, congestión de la mucosa, edema local e infiltrado celular, acompañado, produciendo diferentes grados de anemia, amentando las disminuciones en la producción y bajo crecimiento (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2001).

Trichuris: Parásito de acción patógena muy similar a *Cooperia* (Vignau *et al.*, 2005), presente en climas templados y dependiente de alta de humedad y una temperatura de 27°C para su desarrollo (Kaufmann, 1996), siendo estas condiciones muy similares en todo el mundo (Taylor *et al.*, 2007).

Además de la diversidad de los diferentes géneros, los parásitos han desarrollado un proceso de supervivencia denominado hipobiosis, la cual consiste en la letargia de las larvas para garantizar la presencia, persistencia y supervivencia en vida libre (Michel *et al.*, 1970; Armour y Bruce, 1974; Anderson, 1982).

3.6. Factores predisponentes a la parasitosis

3.6.1. Factores intrínsecos del animal

Uno de los factores que predisponen a los animales a presentar problemas de infestaciones parasitarias, es el sexo y su edad. En las hembras influyen los cambios hormonales de sus ciclos reproductivos (Herbert, 1982) y en las crías, el fortalecimiento del sistema inmunitario; sin embargo, las crías se ven afectadas hasta que ingieren forrajes infestados de larvas. Las hembras adultas pueden soportar poblaciones altas de nematodos; sin embargo, los sementales son los que mayormente los diseminan y ocasionan mayores afectaciones. La presencia de coccidias se comporta de la misma manera que los helmintos, aunque se presenta con mayor intensidad en animales pequeños, debido a la exposición de ooquistes en corrales infestados. (Abo-Shehada y Abo-Farieha, 2003; Almalaik *et al.*, 2008; Abebe *et al.*, 2010).

La raza: Tanto las razas locales como las especializadas pueden presentar altos conteos parasitarios, aunque los daños son mayores a los razas especializadas cuando no están adaptadas a regiones donde son introducidas (Abo-Shehada y Abo-Farieha, 2003; Alberti *et al.*, 2012).

Gestación: La gestación y las alteraciones hormonales son aprovechadas por los parásitos, además que algunos de ellos rebasan barreras placentarias, pudiendo nacer productos infestados (Martínez y Cordero del Campillo, 2001).

Otros factores que influyen en el grado de infestación de nematodos, puede estar ligado a la debilidad del sistema inmune del hospedero (Dineen, 1963), el tiempo de exposición al parásito y su estado nutricional (Wakelin, 1989). Por otra parte, la reinfestación de los individuos por el pastoreo de áreas infestadas con larvas L₃, en combinación con enfermedades virales y bacterianas, se correlacionan con la edad, grado de inmunidad adquirida, estado fisiológico y nivel nutricional. De los parásitos dependen el potencial

biótico y número de parásitos presentes (Rohde, 1979; Herbert, 1982; Boch y Supperer, 1992; Sykes, 1994), la tasa de desarrollo de las poblaciones larvarias en los pastos y la disponibilidad de la humedad en el interior de las heces (Berbigier *et al.*, 1990) y en las praderas (Gruner *et al.*, 1989; Besier y Dunsmore, 1993). Aunque algunos autores consideran que la persistencia de estos es debida a la mala condición de las explotaciones (Dorny *et al.*, 1995).

3.6.2. Factores extrínsecos

a) Factores climáticos

Dependiendo de la latitud y altitud, existen condiciones climáticas predisponentes para la supervivencia y reproducción de nematodos y coccidias en la población caprina (Yilma y Malone, 1998; Abebe *et al.*, 2010), además de otros factores, que en conjunción son determinantes (Biffa *et al.*, 2006). Entre las condiciones a considerar son: la temperatura, humedad, viento e irradiación solar, así como de los factores edáficos e hídricos (Gállego, 2006). Existe una correlación muy marcada entre la presencia de problemas parasitarios y los factores climáticos donde se ubican los rebaños (Ba *et al.*, 1996; Di Cerboa *et al.*, 2010; Manfredia *et al.*, 2010); sin embargo, se presentan mayores problemas en zonas con una humedad de 70% y temperatura entre 15 y 30°C favorecen la eclosión y el desarrollo de huevos y ooquistes (Devendra y McLeroy, 1982; Peacock, 1996; Lefevre *et al.*, 2003; Odo, 2003).

El clima es un factor directamente relacionado con la población de nematodos libres en pasturas, variando de acuerdo a la estación del año. En este sentido, el periodo de crecimiento de la vegetación está determinado por la presencia de lluvias en cada zona climática. En el caso de la región árida hay menos de 75 días, semi-árida de 75 a 180 días, sub-húmedas de 180 a 270 días y las tropicales con periodos más largos (Seré y Steinfeld, 1996; COTECOCA, 2001). Estos periodos de crecimiento, están ligados a la densidad y presencia de Eimerias y helmintos (Alexandre y Mandonnet, 2005). Por tanto, uno de los factores importantes es la vegetación existente en la zona, ya que en estas los helmintos desarrollan su fase larvaria desde la eclosión del huevo hasta su etapa infectante, existiendo una relación con la vegetación (estratos) y la diversidad de

microorganismos, frenando o acelerando las fase larvaria (Cordero-del-Campillo *et al.*, 2001).

En el estado de Puebla, más del 70 % de su territorio es usado para la producción agrícola, pecuaria y forestal (INEGI, 2010). Se reportan al menos 15 climas, como se muestra en la Figura 7, siendo más representativos los templados (Cf, Cm, Cw1, Cw2) con una temperatura en un rango de 18 a -3 C° y con lluvias en verano, los semicalidos (ACfm, ACwo) con temperatura media anual de 18°C con lluvias en verano y los de tipo árido (BSohw) con temperaturas mayores a los 22 y no menor a 18°C con lluvias en verano (CONABIO, 2012).

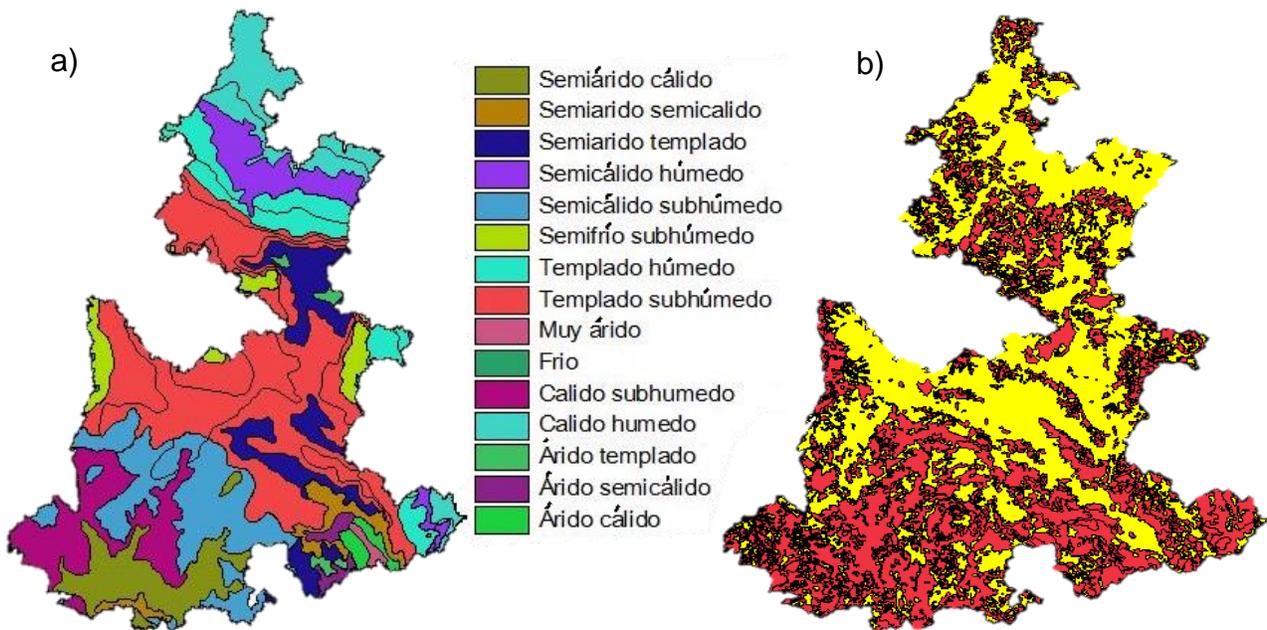


Figura 7.- Climas a) y uso agropecuario del suelo en el estado de Puebla, b) (la superficie en amarillo representa la superficie utilizada para agricultura ganadería y forestaría en el estado de Puebla).

La temperatura y humedad, estimula o afecta las densidades poblacionales de nematodos y coccidias (Cuadro 2); además, aceleran eclosiones y el rápido desarrollo larvario a etapa infectantes (L₃), reinfestando más rápido a los animales cuando el forraje es más succulento y palatable (Banks *et al.*, 1990; Barger *et al.*, 1994; Papadopoulos *et al.*, 2003; Alexandre y Mandonnet, 2005; Hudson *et al.*, 2006; Alberti *et al.*, 2012; Morgan

y Van-Dijk, 2012). Cuando las condiciones no son favorables, los nematodos generan mecanismos de protección y supervivencia, el más importante es el proceso de la hipobiosis como la interrupción temporal del desarrollo larvario, y posteriormente reactivan cuando las condiciones climáticas son más apropiadas para su desarrollo (Johntone, 1998).

Los helmintos eclosionan y desarrollan su etapa infectante, preferentemente en un rango de temperaturas entre 15°C y 36°C, con humedad relativa mayor al 70%; por tanto, se presentan a fines de otoño, principio de invierno y en veranos con sequias moderadas (Armour, 1978). Estas condiciones son más remarcables en el género *Ostertagia* (Anderson, 1982; Johntone, 1998) y explica por qué existe un conteo bajo de individuos en primavera (Eysker, 1993).

Cuadro 2. Comportamiento y desarrollo de nematodos gastroentéricos en relación con la temperatura y la humedad.

Generó	Temperatura de eclosión °C	Eclosión (días)	Factores que afecta la Eclosión (°C)	autor
<i>Strongyloides</i>	10-15	7-8	Frío	Liébano <i>et al.</i> , 2011.
<i>Bonostomus</i>	20-24	6-7	<15°	Liébano <i>et al.</i> , 2011.
<i>Trichostrongylus</i>	20	7-8	Susceptible a temperaturas <5°	Liébano, 2010.
<i>Ostertagia/</i> <i>Teladorsagia</i>	22-24	6-7	Susceptible a temperaturas <4°	Anderson, 2000; Liébano, 2010; Liébano <i>et al.</i> , 2011.
<i>Cooperia</i>	22-24	7	Falta de humedad y temperaturas <3°	Liébano <i>et al.</i> , 2011.
<i>Chabertia</i>	22-24	6	Afecta el calor >36° y susceptible a temperaturas <-5°	Anderson, 2000; Liébano, 2010.
<i>Oesophagostomus</i>	22-24	7-8		Liébano <i>et al.</i> , 2011.
<i>Nematodirus</i>	24-48	15-30	Afectan las temperaturas >36° y <6°	Onar, 1975; Liébano, 2010.
<i>Haemonchus</i>	16-20	10-14	Resistente a frio y la falta de humedad	Anderson, 2000.

b) Practicas zootécnicas

El sobrepastoreo y un deficiente manejo sanitario, favorecen las infestaciones parasitarias, presentando elevados conteos de huevos de parásitos en los animales; además, el hacinamiento de los animales y los tipos de sistemas intensivos, favorecen estos problemas (Rojo y Gómez, 2001).

La mayoría de los productores no desparasita sus animales por los efectos secundarios que ocasionan los antihelmínticos o por el hecho de no poder recuperar el costo de los mismos (Sani y Gray, 2004). En la mayoría de los países, los problemas parasitarios son considerados de baja prevalencia o incluso superados, ignorando infestaciones múltiples de diferentes géneros de helmintos (Anene *et al.*, 1994), que ocasionan pérdidas económicas y productivas por la alta incidencia de parásitos gastrointestinales, fundamentalmente nematodos, cestodos y por protozoarios del género *Eimeria* (Amarante y Barbosa, 1992; Alberti *et al.*, 2012).

La presencia de helmintos en las praderas está determinado fuertemente por la interacción del método de pastoreo y la búsqueda de nutrientes de los animales, existiendo contrapartes entre al equilibrio de los beneficios de la ingesta de nutrientes y el riesgo de parasitismo (Hutchings *et al.*, 2000). Los animales depositan heces en las praderas donde comen, descansan y pernoctan (Marsh y Campling, 1970); depositando con ello materia orgánica rica en nutrientes producto de la digestión, lo cual tiene efectos importantes en el aporte e interacción de nutrientes (Hutchings *et al.*, 2000). Como consecuencia, las plantas de estos lugares tienden a ser más suculentos (Edwards y Hollis, 1982); sin embargo, en la materia que expulsan los animales, también salen múltiples huevos y larvas (principalmente helmintos) que viven en el tracto digestivo (Anderson, 1978; Gulland, 1992). Estas infestaciones, pueden causar mayores problemas si se combina con un bajo estado inmunológico de los animales y la alta contaminación de nematodos en pastos infestados (Hutchings *et al.*, 1999).

c) La alimentación ligada a parasitosis

Los parásitos gastrointestinales es una de las limitantes para el desarrollo de los sistema de producción de carne y leche en las explotaciones caprinas, debido a que ocasionan

pérdida de nutrientes por desviación y descompensación de nutrientes (proteína), además de los daños fisiopatológicos que ocasionan a los rebaños (Hoste *et al.*, 2005). Existe una interacción entre la nutrición y la infestación, pudiendo ser letal en dietas proteicamente bajas, animales deprimidos inmunológicamente y aquellos que pastoreen por muchas horas en lugares con una alta humedad y temperatura, llegando a ser un problema más marcado, aquellos parásitos hematófagos como *Haemonchus contortus* (Rojo y Gómez, 2001). Animales que presentan conteos parasitarios entre de 500 a 1499 presentan mucosas pálidas disminución de apetito, bajo desarrollo, diarreas intermitentes, pueden ser recuperados mediante tratamientos; sin embargo, aquellos que presentan conteos mayores a 1500 huevos por gramo de heces, presentan signos fisiopatológicos y daños permanentes que ocasionan su muerte (González *et al.*, 2008; López *et al.*, 2010). Las postulaciones de Coop y Kyriazakis (1999) son relacionadas con el aporte de nutrientes al hospedador, indicando que el huésped destina los aportes nutricionales a mantener y reparar daños que ocasionan los nematodos gastrointestinales. Además, el parásito aprovecha este aporte para acelerar su proceso evolutivo o periodo de prepatencia, llegando a reducirlo a menos de 21 días (Bowman *et al.*, 2009).

3.7. Métodos de diagnóstico parasitológicos

La mayoría de los técnicos en campo no cuentan con las bases científicas para la detección de los principales nematodos y su prevalencia en cada área geográfica; además, subestiman el daño que ocasionan y el efecto económico, y no aplican los métodos más apropiados para prevenir y controlar, en particular cuando se utilizan antihelmínticos (Vázquez, 2004).

El diagnóstico de las infecciones parasitarias es realizado mediante métodos directos e indirectos. Los métodos indirectos miden la defensa inmunitaria (cambios humorales y tisulares) provocada por las infecciones parasitarias, y permiten un diagnóstico temprano de la presencia de parásitos en la fase de invasión, cuando el parásito aún no ha alcanzado la madurez sexual. Para este caso, los elementos de diagnóstico representados por anticuerpos específicos, modificaciones enzimáticas o por cambios hematológicos, son parámetros que se manifiestan en mayor o menor grado según el

tipo y la gravedad de la enfermedad parasitaria (Morales y Pino, 1977).

Los métodos directos son referidos a los análisis coprológicos, basados en la observación de los elementos parasitarios eliminados en las heces, pudiendo ser: parásitos adultos, segmentos de cestodos, larvas y huevos (Quiroz, 1989). Estos últimos son los más usados, aportando resultados cuantitativos (McMaster modificada por Raynaud, Método universal, Método de Stoll) y cualitativos (Flotación con solución salina saturada y Flotación con solución glucosada) (Armur, 1980). Una vez obtenidos los huevos, son sometidos a la técnica de coprocultivo para la obtención de sus diferentes etapas evolutivas (L₁, L₂, L₃) hasta lograr la etapa infectante (Liébano, 1999). De acuerdo con Liébano (2010) la identificación taxonómica de los géneros permite identificar las principales acciones para el control de los parásitos.

En la actualidad el uso de las herramientas satelitales está facilitando los estudios reflexivos, ya que las proyecciones permiten realizar localizaciones geográficas en una visualización combinada con las expresiones de alturas, precipitación y vegetación, localizando espacialmente resultados y toma de decisiones como es la presencia de parásitos por zona geográfica (Figura 8).

Di Cerboa *et al.* (2010) localizó la prevalencia de los principales géneros de parásitos en una ubicación espacial de diferentes sistemas de producción; mientras Vanderstichel *et al.* (2012), localizó la zona donde se encuentran la concentración de residuos más alta de antihelmínticos en leche de vaca, además de la época de producción de forraje y la etapa reproductiva de los animales, donde existen estas concentraciones (Figura 9).

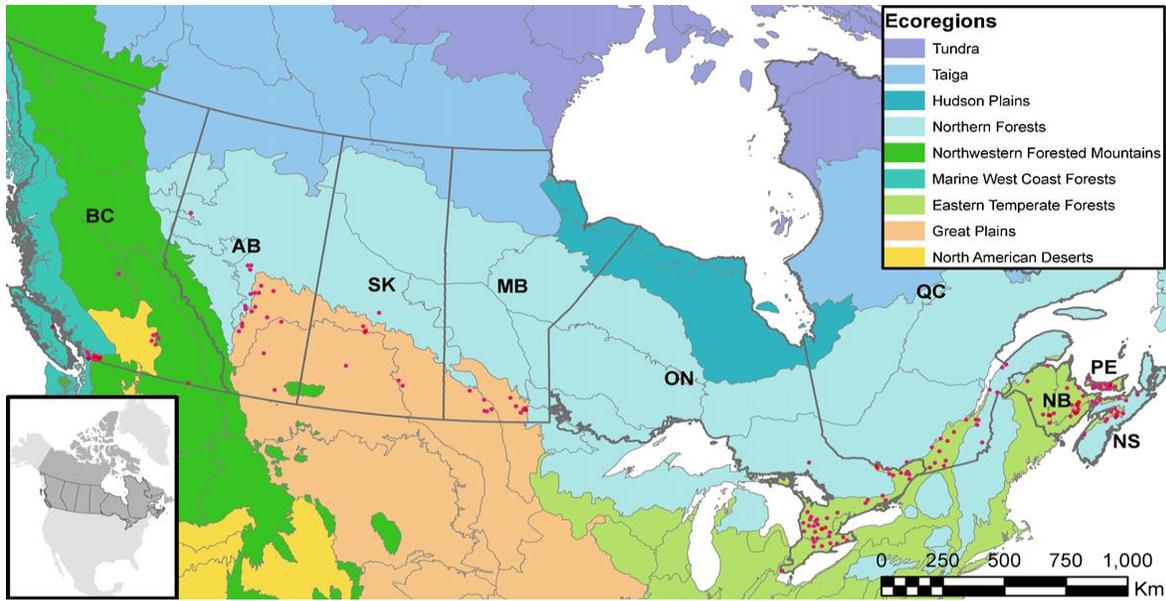


Figura 8. Formación de ecorregiones agroecológicas y su relación con las unidades de producción lechera en Canadá (Vanderstichel *et al.*, 2012).

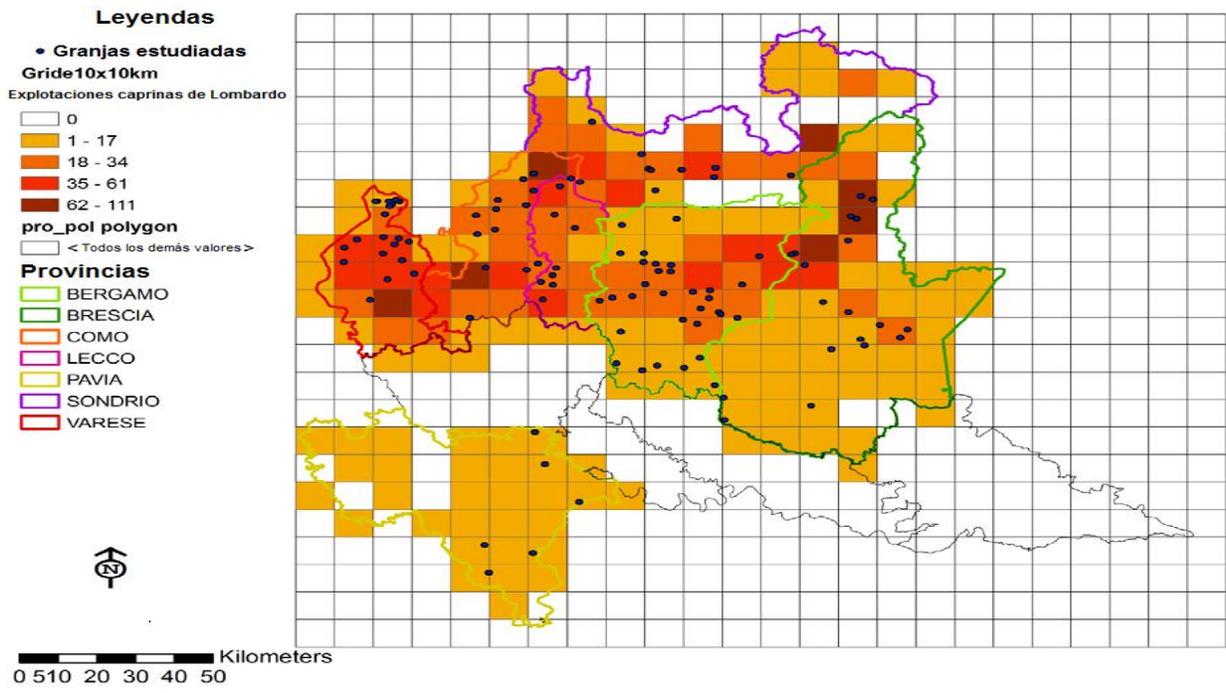


Figura 9. Geoubicación de los rebaños muestreados y su correlación con las principales géneros de parásitos gastrointestinales en la región de Lombardía, Italia (Di Cerboa *et al.*, 2010).

3.8. Control y resistencia parasitaria

a) Uso de antihelmínticos

La mayoría de los trabajos de resistencia hablan del uso de antihelmínticos y la fuerte dependencia de los productores para controlar las poblaciones de parásitos, lo que ha creado o incrementado la resistencia a los mismos y aumento de la población, dificultando los programas de control de parásitos (Geerts y Gryseels, 2001). En Latinoamérica se reporta resistencia de antihelmínticos, encontrando resistencia a ivermectina, benzimidazoles y levamisole (Waller *et al.*, 1996; Van Wyk *et al.*, 1999; Torres-Acosta *et al.*, 2012).

Se ha llegado a una etapa en que la eficiencia del control químico es cuestionado (Van Wyk, 2001; Chandrawathani *et al.*, 2004). La resistencia toma un función de suma importancia desde los primeros reportes a la fenotiazina (Drudge *et al.*, 1957) y con el tiempo la resistencia a antihelmínticos ha mostrado un desarrollo constante (Jackson y Coop, 2000; Kaplan, 2004).

En estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), sobre la resistencia parasitaria a antihelmínticos, reporto que en el 55% de los países del mundo, se encontraron resistencia a diferentes antihelmínticos, se reporta resistencia a la presencia de compuestos como: benzimidazoles, probenzimidazoles, imidazotiazoles, organofosforados y lactonas macrocíclicas (FAO, 2003). El desarrollo de la resistencia del parásito está estrechamente vinculado a la frecuencia del tratamiento, a mayor es el uso del químico mayor es su resistencia (Nari, 2011).

Otros datos de interés son que en pequeños rumiantes, el género *Haemonchus* es el que tiene más reportes de resistencia en áreas tropicales y templadas, mientras que para *Teladorsagia* y *Trichostrongylus*, existen más casos subclínicos (Domke *et al.*, 2011). Por lo tanto, como la resistencia antihelmíntica de los parásitos a los productos disponibles está aumentando, existe la necesidad de mejorar los procedimientos actuales para su control, convirtiéndose en una prioridad de atención (Almeria y Uriarte, 1999; Thamsborgh *et al.*, 1999).

En México, la principal forma de controlar los parásitos por parte de los productores es con el uso de antihelmínticos, como lo citan la FAO (2003), Encalada *et al.* (2008) y López *et al.* (2010), causando resistencias principalmente para helmintos

gastroentéricos. Sin embargo, el problema es mayor en cabras y ovinos (Kaplan, 2004), orientando a la búsqueda de nuevas soluciones más sustentables y menos dependientes de las químicas (Waller, 1999; Jackson, 2000).

b) Controles alternativos

Existen estudios que plantean métodos alternativos para el control de parásitos, entre ellos, el uso de plantas con algunos factores antinutricionales han mostrado una respuesta positiva a la resistencia del huésped y/o una disminución de infecciones parasitarias. Un ejemplo es el uso de especies forrajeras con alto contenido de taninos, que ha demostrado disminuir la cantidad de población de parásitos intestinales en los pequeños rumiantes, así como el conteo de huevos de los mismos (Niezen *et al.*, 1993; Niezen *et al.*, 1995; Hoskin *et al.*, 2000; Zafar *et al.*, 2002). Por otra parte, se ha encontrado que estos compuestos dañan la fecundidad de los parásitos evitando la ovoposición de las hembras (Hoskin *et al.*, 2000; b; Waghorn, 2008). Sin embargo, aunque los éxitos han sido favorables, se han replicado y estudiado más en la especie ovina que en los caprinos (Van Houtert y Sykes, 1996; Coop y Kyriazakis, 1999; Coop y Kyriazakis, 2001).

Autorregulación en los ecosistemas

Con la problemática del aumento de resistencias a los antihelmínticos, las investigaciones han mirado hacia los recursos biológicos de los ecosistemas, buscando algunas opciones para el control de nematodos. Una opción ha sido el uso de algunos strongílidos de vida libre como *Arthrobotrys musiformis*, *A. brochopaga*, *A. oligospora*, y *A. kirghizica*, (Acevedo-Ramírez *et al.*, 2011). Además de la especie *Duddingtonia flagrans*, siendo depredadores de nematodos en etapa libre (González *et al.*, 2005), que ha mostrado tener un 80% de efectividad en la disminución de la población de larvas de *Haemonchus contortus* en vida libre (Arroyo *et al.*, 2008).

Por otra parte, actualmente se ha promovido el control de nematodos a partir del uso de la medicina etnobotánica para la eliminación o control de algunos parásitos susceptibles. Al respecto se han evaluado extractos de las plantas: *Tagetes erecta* y *Castela tortuosa*, que respectivamente, demostraron una efectividad de del 99.7% y 85.8% (Galicia *et al.*, 2008).

A diferencia del pastoreo rotacional, que no muestra tener ningún efecto sobre el control de la población parasitaria, aunque se ha estudiado en diferentes alturas de pastoreo, con una disminución en los recuentos de huevos de nematodos en las heces <250 HPG (Lefrileux *et al.*, 2008).

Algunos otros temas, están relacionados con la localización de las zonas donde se ubican las unidades de producción y las condiciones climáticas imperantes. En Malasia se demostró que en climas húmedos *Haemonchus contortus* tuvo menos resistencia antihelmíntica, a diferencia de zonas con clima secos y cálidos (Chandrawathani *et al.*, 2003); sin embargo, a pesar del clima, el control con antihelmínticos ha fracasado en las ovejas y las explotaciones caprinas (Chandrawathani *et al.*, 2002; Chandrawathani *et al.*, 2003).

Diferentes autores coinciden que se requiere información completa acerca de la epidemiología de los parásitos gastrointestinales, sobre una base regional o nacional, y también información sobre variables como la resistencia del huésped, clima y gestión de datos que puedan ser utilizados para cuantificar adecuadamente la incidencia de la enfermedad (Niezen *et al.*, 1996; Stromberg y Averbek, 1999; Waller, 1999). Esto explica porque en la mayoría de los programas de control de parásitos deberán tener un fuerte fundamento considerando las condiciones climáticas y la época dentro de las regiones donde se encuentren los sistemas de explotación, ya que en su mayoría sólo se consideran los antihelmínticos disponibles en el mercado, siendo determinante en el éxito o el fracaso de la presencia de los parásitos en las praderas y los animales (Herbert, 1982).

c) Resistencia a partir de la heredabilidad

En la mayoría de las poblaciones, y en algunas enfermedades, la resistencia parece estar ligada a la heredabilidad, experimentalmente se ha aprovechado este proceso para la cría selectiva de animales resistentes en especies de ganado comercial; de tal manera que los animales que presentan resistencia, presentan la habilidad de heredar está a su descendencia (Gray, 1987; Gill, 1991; Gray, 1997).

Los intentos de utilizar la variación genética se colocan en un contexto más amplio de la coevolución de huésped y el parásito, teniéndose a la fecha un limitado conocimiento

sobre el modo de acción de los genes de resistencia y la capacidad de utilizar la información genética para predecir la resistencia a los parásitos (Gray y Gill, 1993).

La opción más atractiva, pero que aún no se ha desarrollado y evaluado completamente, es el uso de genotipos animales resistentes al parásito, actualmente es tema de investigación de laboratorio y de campo se llevan a cabo en muchos países (Bisset *et al.*, 1996; Woolaston y Baker, 1996; Behnke *et al.*, 2003).

Con el uso excesivo por parte de los productores del mismo antihelmíntico, los parásitos desarrollan resistencia o mutación debido a una variación genética. Estos individuos, pueden transmitir esta habilidad a los nuevos individuos que de ellos emanen (Bowman *et al.*, 2009)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del área de estudio

El estudio se realizó en rebaños caprinos de 49 municipios del estado de Puebla, cuya ubicación geográfica es en la Mesa Central del país y se encuentra entre las coordenadas 17° 52' y 20° 50' de latitud norte, y 96° 43' y 99° 04' de longitud oeste. El área de estudio geo-mórficamente es muy diversa, con alturas que van de 985 msnm a un poco más de 3000 msnm (Figura 10a), lo que hace que existan diferentes condiciones ambientales de temperatura, humedad y precipitación.

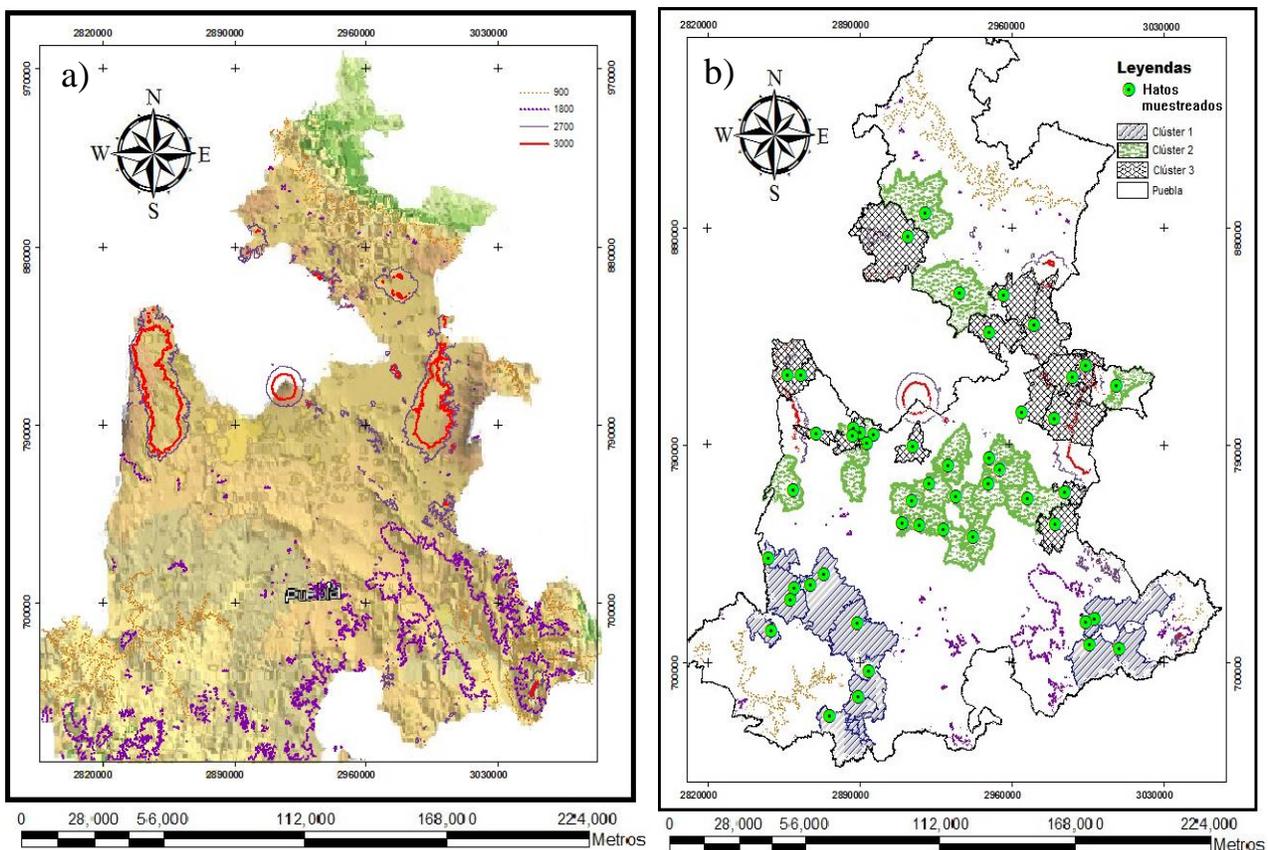


Figura 10. Visión geomórfica del estado de Puebla (a) y la ubicación de los rebaños dentro de las áreas de muestreo y en las zonas climáticas (b).

Los climas predominantes presentes en el estado de Puebla son el templado 39.5%, con un rango de precipitación de 600-800 mm anuales, de una orografía montañosa y una temperatura promedio de los 18°C. Los cálidos y semicálidos (39%) en la región mixteca y altitud menor a 2000 msnm y precipitación 727 mm anuales, temperatura promedio de

12°C. Los secos y semisecos (19%), correspondiendo a valles y llanos con precipitación anual de 450 mm y temperatura de 19°C (INEGI, 2010).

4.2. Definición del área de muestreo

Para definir las áreas de muestreo se consideraron aquellos municipios con alta densidad de población caprina y donde esta especie es relevante como actividad económica. El 80% corresponde al sistema extensivo (INEGI, 2010; SIAP, 2012a) y los puntos de muestreo quedaron ubicados en los Distritos de Desarrollo de Tecamachalco, Cholula, Libres, Zacatlán y Tehuacán, definiéndose un total de 49 municipios (Figura 10b).

Los 49 municipios se agruparon en tres zonas climáticas, mediante un análisis Clúster a partir de las variables de temperatura, precipitación y altitud (Figuras 11 y 12). La recopilación de los datos meteorológicos fueron tomados de 29 estaciones climatológicas de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en los meses de junio a diciembre del 2011, utilizando el valor promedio y la media de las precipitaciones y las temperaturas de los puntos de muestreo. Además, las precipitaciones se utilizaron para realizar proyecciones mensuales con el apoyo de la página del grupo interacción océano-atmósfera del Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad Nacional Autónoma de México (Figura 16). Las proyecciones cartográficas se realizaron a una escala 1:1,250,000, con una superficie total de 92,228 kilómetros.

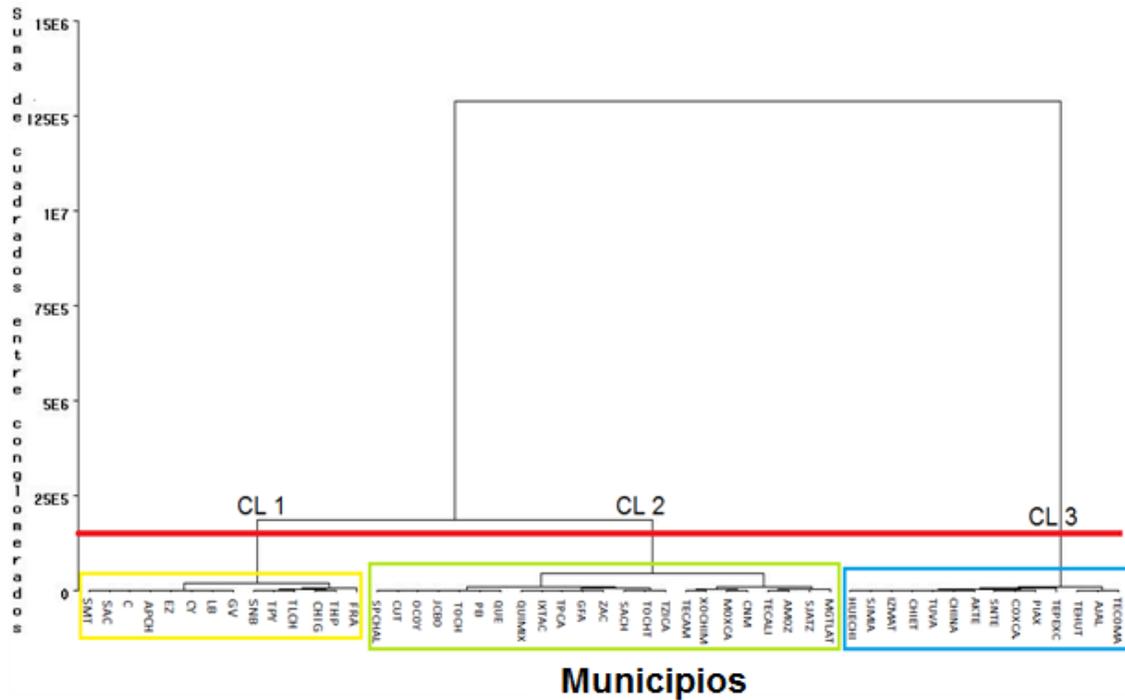


Figura 11. Análisis de conglomerados (clúster) de los municipios de estudio por su temperatura, precipitación y altitud.

Las zonas quedaron conformadas por los municipios:

Zona 1: Cañada Morelos, Amozoc, Tepeyahualco, San Nicolás Buenos Aires, Libres, Cuyoaco, Calpan, Esperanza, San Matías Tlalancaleca, Guadalupe Victoria, Chignahuapan, San Pedro Cholula, Coronango, Tlachichuca, Tlahuapan y La Fragua.

Zona 2: Magdalena Tlatlauquitepec, San Juan Atzompa, Molcaxac, Xóchitlán, Tecamachalco, Tochtepec, Tzicatlacoyan, Zacatlán, Quimixtlán, Tochimilco, Juan C. Bonilla, Ocoyucan, San Andrés Cholula, Ixtacamaxitlán, Gral. Felipe Ángeles, Tecali de Herrera, Quecholac, Cuautlancingo, Palmar de Bravo y Tepeaca.

Zona 3: Tecamatlán, Huehuetlán, Coxcatlán, San José Miahuatlán, Tulcingo del Valle, Piaxtla, Chinantla, Chietla, Tepexco, Tehuiztzingo, Ajalpan, Altepexi, Izúcar de Matamoros.

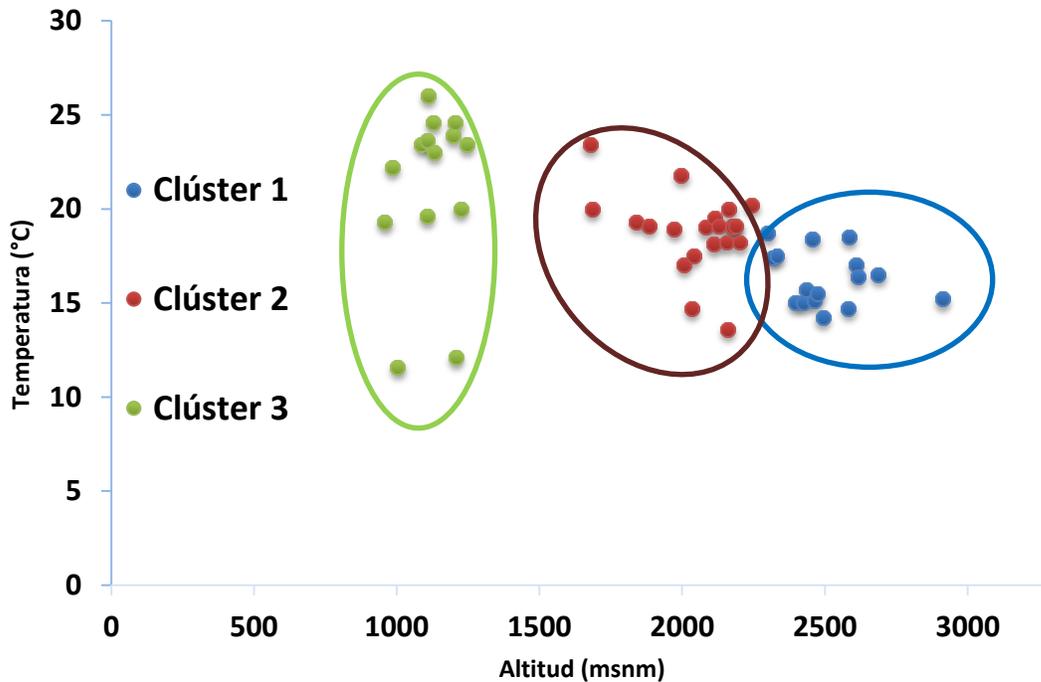


Figura 12. Agrupación de municipios en el espacio canónico.

Los reportes anuales de las variables climáticas para las agrupaciones, indicaron que la zona 1 presentó una temperatura mínima de 18 y máxima de 26°C, con precipitación mínima de 621 y máximas de 1064 mm. La zona 2 tuvo temperatura mínima de 13°C y máxima de 19°C, con precipitaciones mínima 685 mm y máximas de 900 mm. La zona 3 registró una temperatura mínima de 9°C y máxima de 16°C con precipitaciones mínima de 469mm y máximas de 838mm (Figura 12).

Con base a los reportes meteorológicos de junio a diciembre de 2011 en las estaciones climáticas de la CONAGUA, en el Cuadro 3 se especifica la media de las variables general y para cada una de las zonas, en la zona 1: una temperatura media 21 ± 4 , con precipitación 190 ± 83 mm y una altitud de 1119 ± 88 msnm, climas árido, semiárido y cálido. La zona 2 tuvo una temperatura media 19 ± 2 , con una precipitación 151 ± 88 mm y altitud de 2043 ± 159 msnm, clima templado y semiárido. La última zona se presentó una temperatura media de 17 ± 1 , con una precipitación de 109 ± 66 mm y una latitud de 2506 ± 152 msnm, clima templado y semiárido.

Cuadro 3. Variables climáticas consideradas para las agrupaciones de las zonas de muestreo.

Variable	General	Zona 1			Zona 2			Zona 3		
	N=548	N=153			N=218			N=177		
	Media	Media	SD	Máx.	Media	SD	Máx.	Media	SD	Máx.
T° MAX	29	30	6	37	29	4	36	27	4	37
T° MIN	9	13	3	16	9	5	24	5	4	16
MED	19	16	4	26	19	2	23	21	1	18.7
PRMAX	36	52	16	83	33	15	69	28	13	52
PRMIN	1	1	1	3	1	1	6	1	1	3
MED	10	6	3	15	5	3	10	21	64	266.6
TPMM	145	140	84	448	132	89	313	129	67	269.1
MSNM	1935	1119	88	1247	2044	159	2244	2507	153	2913

T° max= temperatura máxima, T° min= temperatura mínima, MED=media de la temperatura, PR=precipitación máxima y mínima, MED= precipitación media, TPMM= total de precipitación. MSNM= metros sobre el nivel del mar.

4.3. Muestreo de heces

El trabajo se desarrolló en coordinación y apoyo del Comité de Fomento y Salud Animal del estado de Puebla. En cada rebaño se muestrearon tres estratos fisiológicos: cabras adultas, primalas y semental/es, considerando no menos del 10% de la población (Alba, 1994). La muestra consistió en la recolección de 20 a 25 g de heces por animal, en 5 animales por estrato de cabras adultas y primalas, más el semental. La muestra se colectó por la mañana directamente del recto y se depositó en bolsas nylon de polietileno, se identificó con el número de animal (arete SAGARPA) y nombre del productor (Figura 13). El traslado de la muestra al laboratorio fue en un contenedor a temperatura ambiente.

Adicionalmente, se tomó información de las unidades de producción y del manejo zootécnico de la explotación. Finalmente, mediante la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se tomaron las coordenadas de cada unidad de producción. Los rebaños fueron georreferenciados en coordenadas UTM para localizarlos y generar los metadatos Shapefile en capas, mediante el programa Arc Map 10 y ArcView Gis 3.3 para su proyección y localización de los clúster por estratos caprinos.



Figura 13.- Muestreo de heces en caprinos

4.4. Determinaciones en laboratorio

Los conteos de parásitos gastroentéricos (FEC) se determinaron de forma individual por animal, mediante la metodología de McMaster (MAFF, 1977). Para la obtención de larvas en estado L₃ se utilizó la técnica de Corticelli y Lai (Corticelli y Lai, 1961), realizando muestras compuestas por estrato de animal en cada rebaño.

4.4.1. Determinación de conteos y prevalencia de nematodos y coccidias totales

Los conteos de los huevos de nematodos y ooquistes de coccidia en las heces fecales fueron totales, estos se determinaron por medio de la técnica de McMaster (Figura 14), en la cual se utiliza una cámara con dos compartimentos de conteo que permiten el examen microscópico de un volumen conocido de suspensión fecal (2 x 0.15 ml). Las lecturas se realizaron con un microscopio compuesto, Motic BA210. Los recuentos de los huevos se calcularon mediante la siguiente fórmula: $\Sigma^*100/2$, donde la Σ^* corresponde a la suma total de huevos presentes en los dos compartimentos de la cámara y se reportan como cantidad de huevos por gramo de heces (HPG).

La prevalencia de nematodos y coccidias totales se obtuvieron a partir de los conteos individuales de huevos y ooquistes, respectivamente por animal resultante de la técnica McMaster, considerando el número de la población total, entre el número de individuos

infectados. La prevalencia de los géneros totales se obtuvo a partir del resultado de los conteos de los coprocultivos, obtenidos de los pules por los estratos caprinos.



Figura 14. Técnica de McMaster modificada

4.4.2. Identificaciones de coccidias de Eimerias

Las coccidias fueron identificadas a partir de su forma, color, índice de forma, la presencia o ausencia de micrópilo, tapa, la presencia o ausencia de cuerpos residuales, polar y Stieda (Coudert, 1992; Eckert *et al.*, 1995).

4.4.3. Identificación morfológica de larvas obtenidas de los coprocultivos

El cultivo larvario se realizó a partir de muestras compuestas de cada una de las categorías de animales, quedando tres muestras por rebaño: una muestra de cabras adultas, una de primas y la del semental. En total se realizaron 147 cultivos de nematodos y para obtener la etapa infectante L₃, se utilizó la técnica de Corticeli y Lai

(Corticelli y Lai, 1961), que permitió su identificación morfológica y conteo de los géneros.

El procedimiento consistió en el uso de dos cajas Petri, una de 10 cm de diámetro, donde se colocaron 20 gr de heces húmedas y homogeneizadas, hasta tener una consistencia pastosa. En la segunda caja Petri de 25 cm de diámetro, se aforó con agua destilada a razón de 25 ml, mediante esto se estimuló la reacción de hidrotropismo de larvas (Figura 15). Posteriormente, se introdujo a una estufa de crecimiento (Barnstead, Lab-line modelo 545) a una temperatura de 24-26°C durante 10 días, rehidratándolas y homogeneizándolas cada 3 días. Una vez transcurrido el periodo, el líquido se depositó en tubos Falcón de 50 ml con faldón, etiquetados con nombre del productor y municipio, la conservación de las muestras se colocaron en refrigerador a una temperatura constante de 4°C (Figura 15).



Figura 15. Recolección de larvas (L₃) de los coprocultivos e identificación de los géneros de los nematodos gastroentéricos.

La identificación de larvas se realizó en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria (CENID-PAVET) de INIFAP Morelos. Para la identificación larvaria, las muestras fueron centrifugadas a 2500 revoluciones por minuto (SOL BAT3561), durante 5 minutos y a una temperatura de 4 °C. Este procedimiento se realizó para retirar el sobrenadante de todas las muestras, quedando el pellet y un mililitro de la muestra. Para la identificación, se contabilizaron todas las larvas contenidas en la muestra con la ayuda de un estereoscopio (Motic). Se identificaron estructuras morfológicas y morfométricas que señalan las características de cada género (Liébano et al., 2011), mismas que se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Características morfométricas (μ) de nematodos gastrointestinales en su etapa infectante (L₃).

Género y especie	Largo cuerpo			Largo esófago		Ancho Cola	Tipo de vaina	Largo cola	Células
	Min	Max	Media	Max	Media	Media	Tamaño	Media	Número
<i>Haemonchus</i>	476	742	573	146	128	19	CM	110	16
<i>Chabertia</i>	732	944	783	179	158	27	CG	216	28,32
<i>Strongyloides</i>	480	607	535	254	15	15	S/V	85	MD
<i>Oesophagostomum</i>	690	905	820	174	160	27	CG	230	12,24,36
<i>Ostertagia</i>	674	821	729	170	156	21	CC	111	16
<i>Trichostrongylus</i>	583	749	677	166	150	20	CC	85	16

Min: mínima, Max: máxima, CC: cola corta, CM: cola mediana, CG: cola larga, MD sin especificar, S/V sin vaina,

4.5. Análisis estadístico y diseño experimental

Los datos de los conteos parasitarios, la prevalencia y la identificación de géneros se analizaron relacionando los estratos caprinos y las zonas donde se localizan las cabras, además de una interacción entre el uso de antihelmínticos y horas de pastoreo. Mediante la prueba de Kruskal-Wallis y análisis de comparación de medias, con la prueba de Tukey $\alpha=0.05$ utilizando el paquete estadístico SAS versión 2000, se obtuvieron las diferencias entre los factores estudiados.

La prueba de Kruskal-Wallis se realizó con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \frac{\sum \frac{Rc^2}{n_i} - 3(N+1)}{L}$$

Dónde:

H = valor estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis.

N = tamaño total de la muestra.

Rc² = sumatoria de los rangos elevados al cuadrado.

n_i = tamaño de la muestra de cada grupo.

L = ajuste dado por el ajuste de ligas o empates de los rangos.

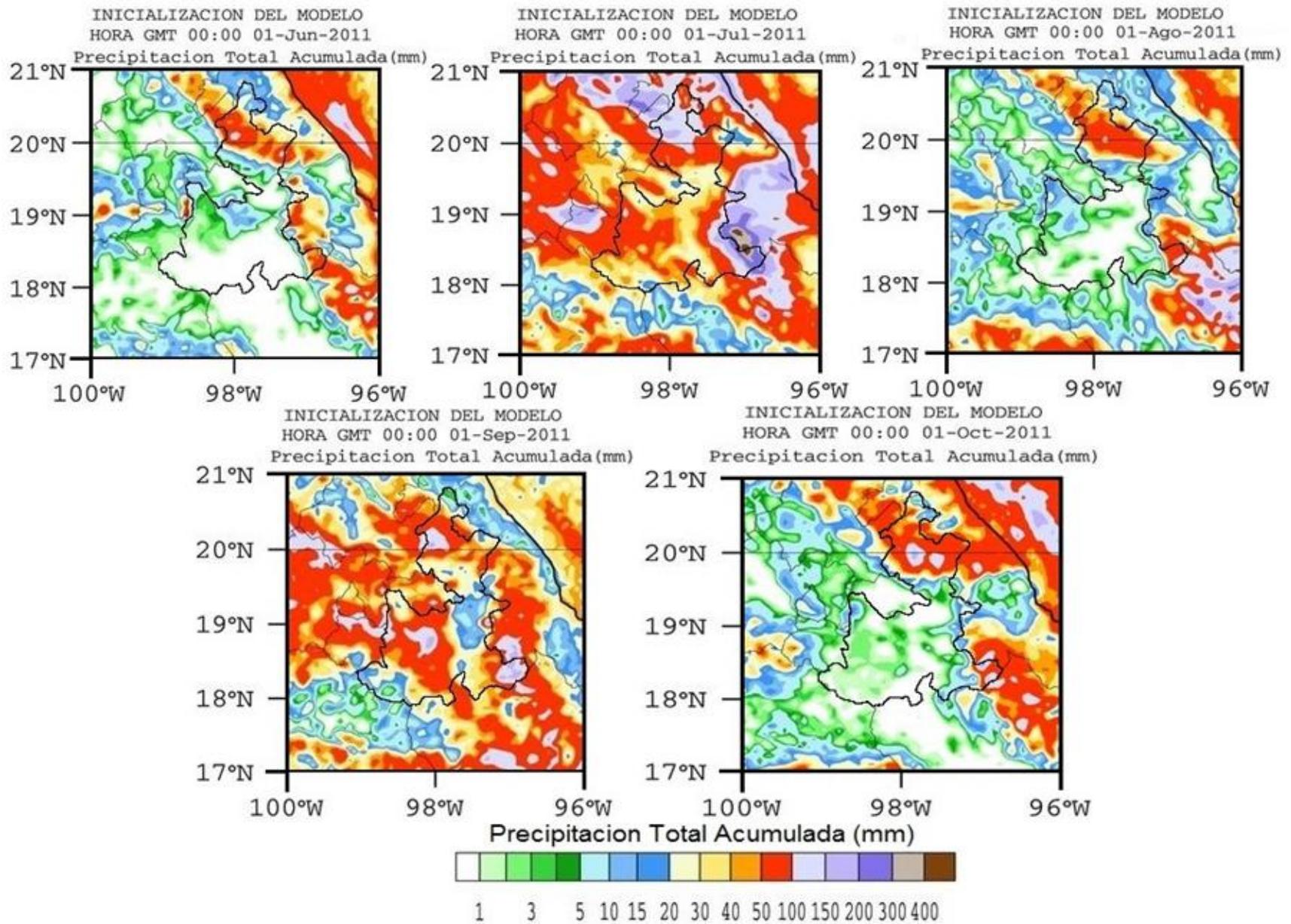


Figura 16. Precipitación pluvial acumulada durante el tiempo del estudio (CCA UNAM, 2010).

V. RESULTADOS

5.1. Conteo y prevalencia de nematodos y coccidias por zona y estrato caprino

En el Cuadro 5 se muestran la media general, desviación estándar y los valores máximos de los conteos de huevos de nematodos y ooquistes de coccidia encontrados en los caprinos, en función de la zona de muestreo. Se contabilizaron un total de 140,668 huevos y 180,311 ooquistes en 548 animales muestreados. La media general de los conteos parasitarios de nematodos y coccidias fue de 921 huevos/g de heces y 1307 ooquistes/g de heces, respectivamente.

En el análisis por zonas, mismas que se esquematizan en la Figura 17, se encontró diferencia significativa para el recuento de huevos de nematodos, pero no en la de los recuentos de ooquistes de coccidias (Figura 18). La zonas 1 y 2, que corresponde a lugares entre 900 y 2100 msnm, no mostraron diferencias de los conteos de nematodos entre ellas, pero ambas fueron significativamente ($P < 0.05$) más altas que la zona 3. En particular la zona 2, presentó una tendencia a tener mayores conteos de nematodos y ooquistes de coccidias. Para todas las zonas la cantidad de coccidias (OPG) fue ligeramente superior a los recuentos de nematodos (HPG).

Cuadro 5. Estadística descriptiva de los conteos parasitarios de nematodos y coccidia en cabras ubicadas en diferentes zonas productoras del estado de Puebla.

Variable	General	Zona 1			Zona 2			Zona 3		
	N=548	N=153			N=218			N=177		
	Media	Media	SD	Máx	Media	SD	Máx	Media	SD	Máx
Nematodos¹	921	1076^a	1884	19300	1023^a	2291	30500	662^b	1107	8750
Coccidias²	1307	1362^{ns}	1829	12300	1238^{ns}	2314	16500	1346^{ns}	1978	14500

SD: desviación estándar, Max: máximo y N: número de observaciones. ¹Huevos/g de heces
²Ooquistes/gramo de heces. ^{abc}: Literales diferentes entre hileras indican diferencia significativa ($p < 0.05$); ns: no significativo

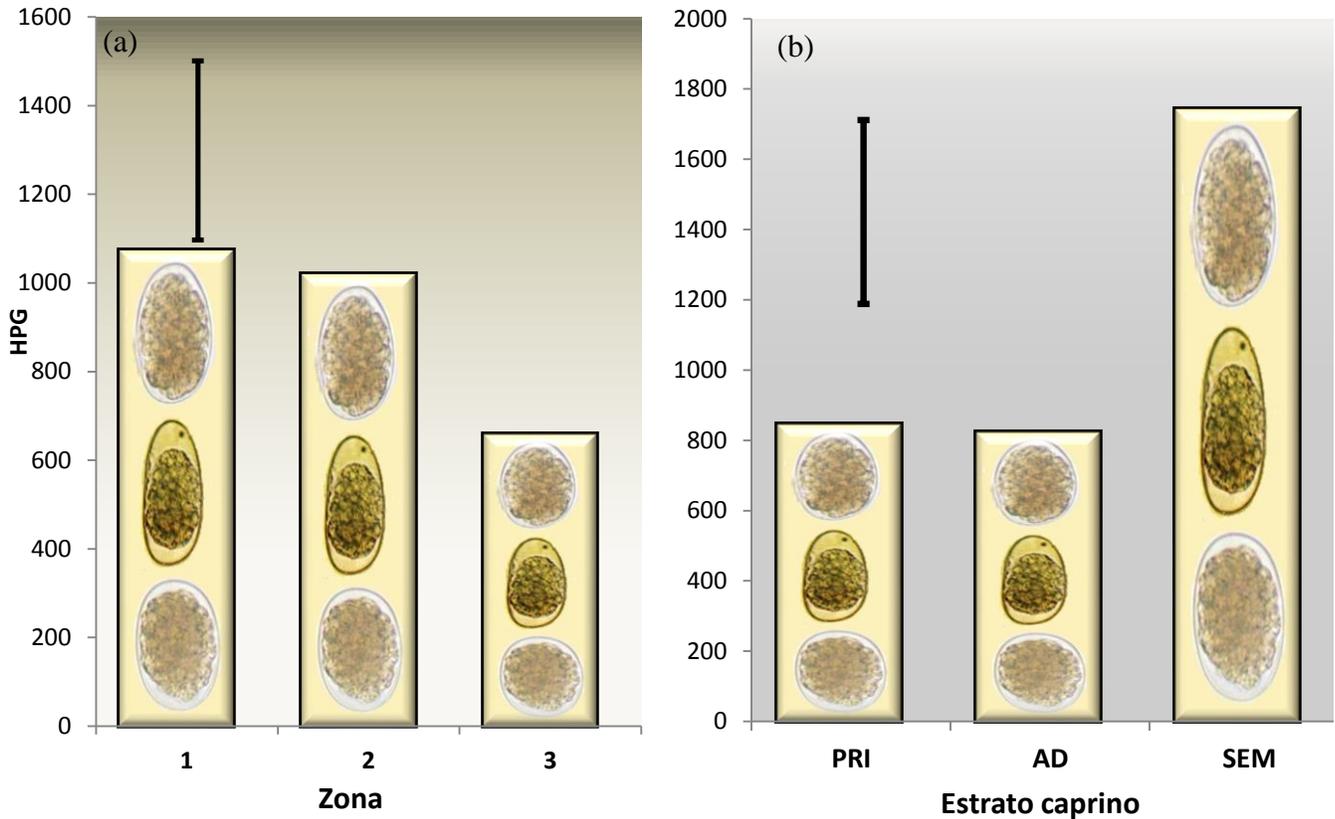


Figura 17. Conteos de HPG de nematodos por zona (a) y estrato animal (b) en los rebaños caprinos del estado de Puebla. **1:** Zona baja, **2:** Zona media, **3:** Zona alta. **PRI:** Primula, **AD:** Adulta, **SEM:** Semental. La barra representa la diferencia mínima significativa.

En el análisis de los conteos de nematodos por estrato o tipo de animal (Cuadro 5 y Figura 17), no se encontró diferencia significativa entre las hembras primulas y cabras adultas, pero si con respecto a los sementales ($P < 0.0001$), los cuales resultaron tener conteos 100% superiores. Así mismo, los valores de los conteos máximos fueron encontrados en cabras adultas. Concerniente a los conteos de coccidia (Cuadro 6 y Figura 18), éstas fueron similares estadísticamente en los tres estratos de animales, aunque con valores máximos mayores en los sementales.

Cuadro 6. Estadística descriptiva de los conteos parasitarios de nematodos y coccidia en diferentes estratos fisiológicos de caprinos en el estado de Puebla.

Variable	Primaras N=236			Adultas N=262			Sementales N=50		
	Media	SD	Máy	Media	SD	Máy	Media	SD	Máy
Nematodos¹	849^b	1109	6650	828^b	1536	19300	1747^a	1107	8750
Coccidias²	1478^{ns}	2413	16500	1106^{ns}	1621	10350	1557^{ns}	1747	30500

SD: desviación estándar, Max: máximo y N: número de observaciones ¹Huevos/g de heces ²Ooquistes/gramo de heces. ^{abc} Literales diferentes entre hileras indican diferencia significativa ($p < 0.05$); ns, no significativo

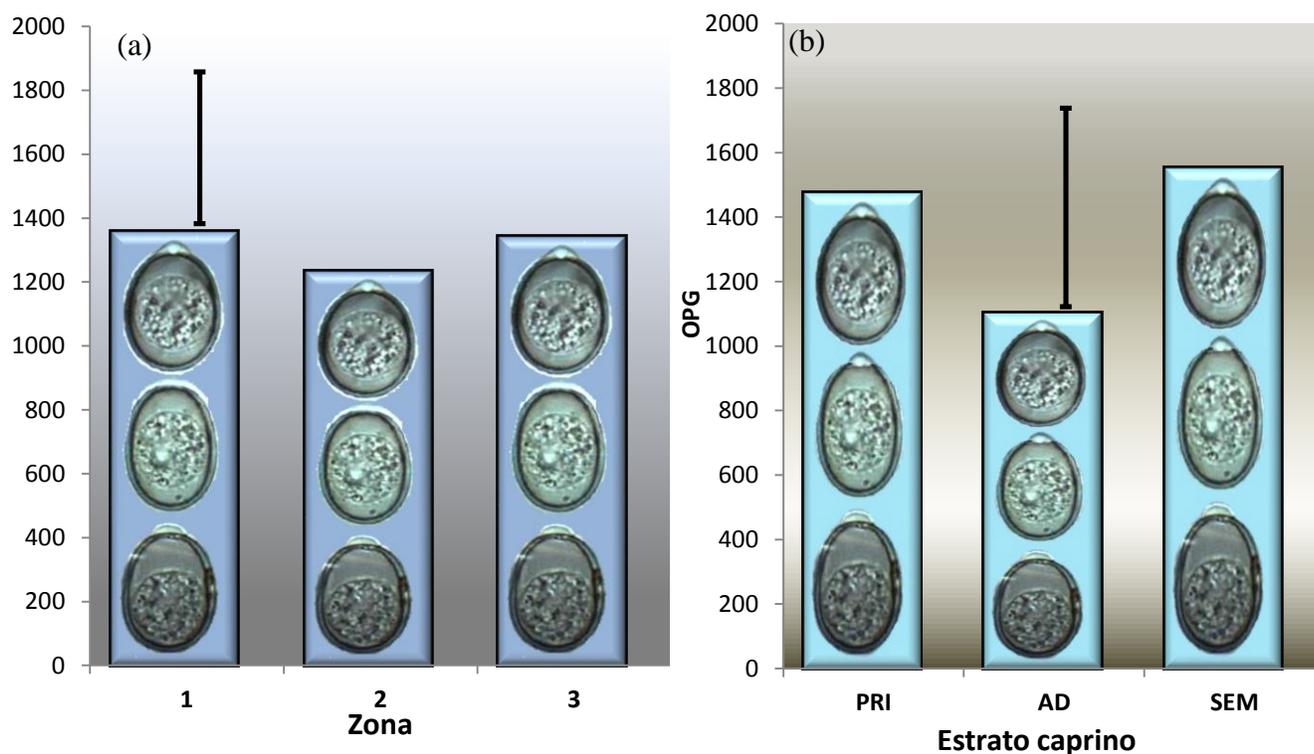


Figura 18. Conteos de OPG de coccidias por zona (a) y estrato animal (b) en los rebaños caprinos del estado de Puebla 1: Zona baja, 2: Zona media, 3: Zona alta. **PRI**: Primara, **AD**: Adulta, **SEM**: Semental. La barra representa la diferencia mínima significativa.

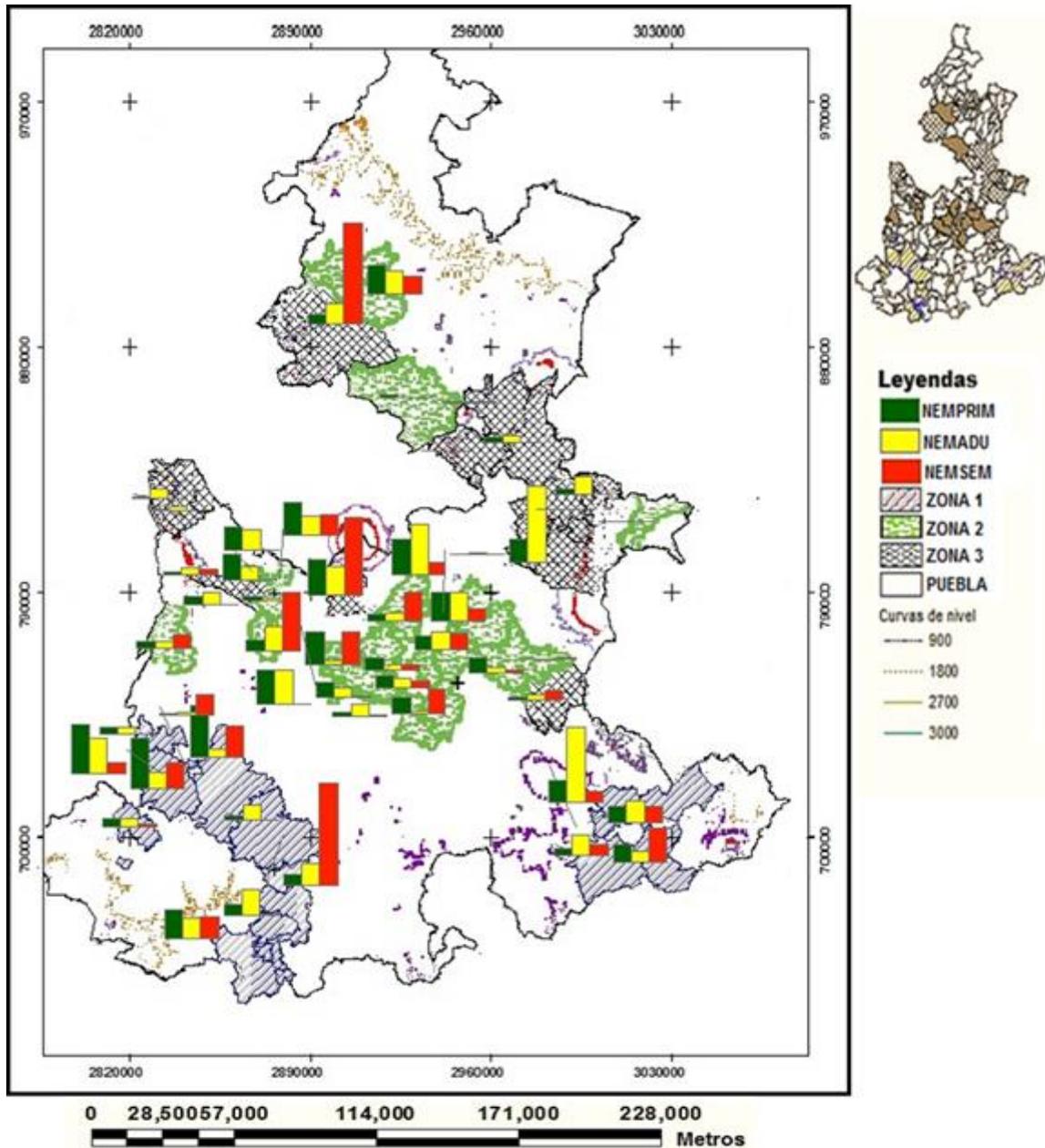


Figura 19. Distribución de los conteos de HPG de nematodos por estrato de animal y por zona en rebaños del estado de Puebla.

En la Figuras 19 y 20 se muestra la distribución de los recuentos de huevos de nematodos y ooquistes de coccidias, para los tres estratos caprinos y en las tres diferentes zonas estudiadas. En los conteos de nematodos, se observa que las hembras adultas son las que muestran una mayor variación, reflejada también en la desviación estándar (Cuadro 6); por otra parte, se observa que en la zona 2 ubicada en el centro del estado, hubo una concentración de estos nematodos y pudiera

presentarse como zona de amortiguamiento para los parásitos. Adicionalmente, se observa que en la zona 3, ubicada entre los 2,100 y 2,950 msnm, es donde se presentaron los menores conteos de recuentos de huevos por gramo de heces y pudiera ser que tiene las condiciones menos aptas para la presencia de los nematodos.

Referente a la distribución de ooquistes de coccidias, se observa que los conteos realizados en las hembras adultas, tuvieron una menor variación que los conteos en sementales y primas. En el análisis por zona, coincide que es en la zona 2 donde se observa una mayor concentración de coccidias y más baja en la zona 3.

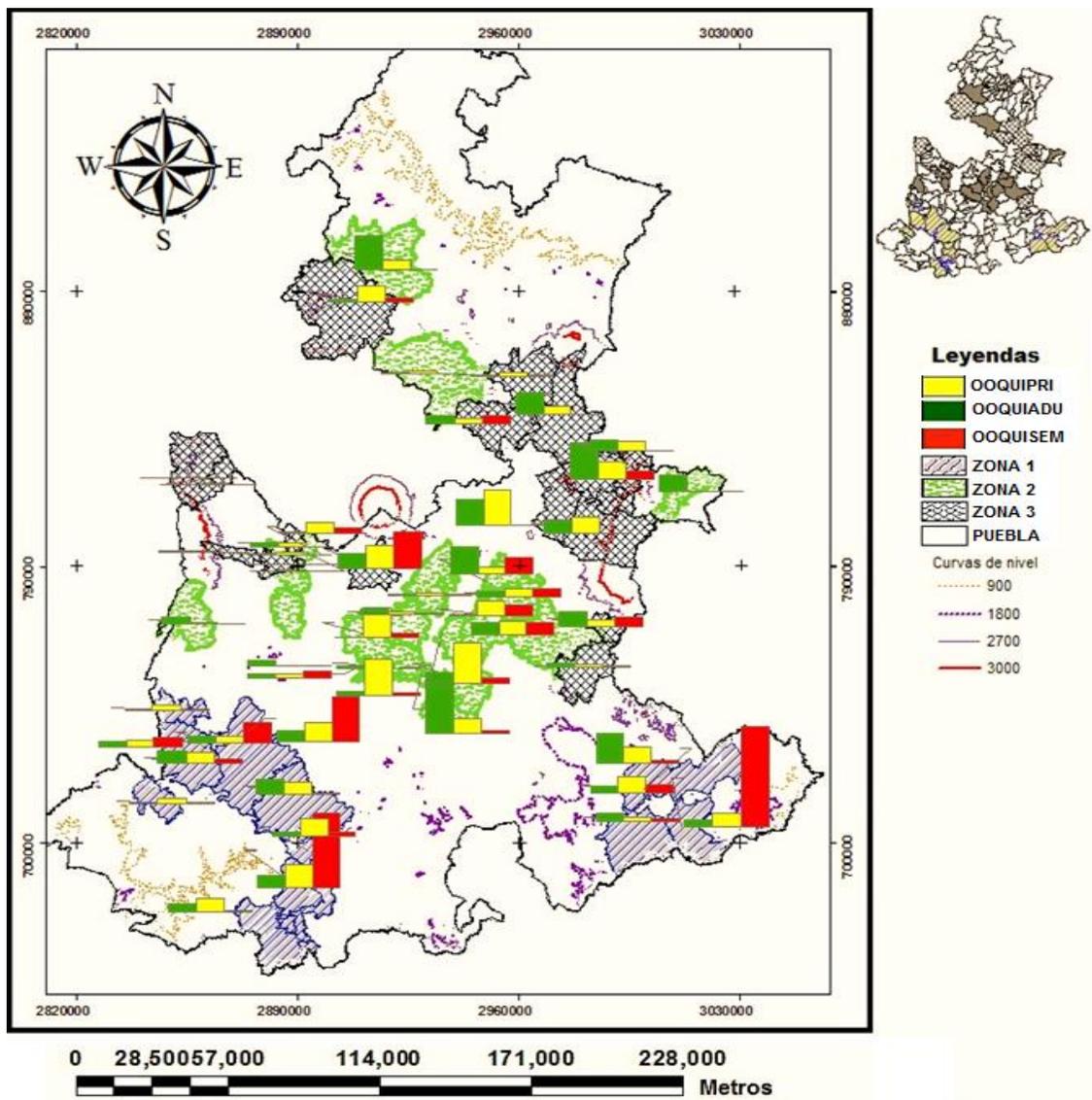


Figura 20. Distribución de los conteos de OPG de coccidias por estrato caprino y por zona en el estado de Puebla.

En el Cuadro 7 se muestra la media general y medias por zona y por estrato de animal, de las prevalencias de nematodos y coccidias. La prevalencia media de nematodos en la población caprina fue de 86%, con diferencia significativa entre zonas estudiadas y entre los estratos ($P<.0001$), siendo más altas en la zona 1 y 2, y diferentes de la zona 3. En las comparaciones por estrato de animal se observaron prevalencias más altas y diferentes estadísticamente ($p<0.05$) en los sementales, que en las cabras primalas y adultas.

Respecto a la prevalencia de coccidias, estas fueron superiores a los nematodos, que tuvieron un promedio de 93% y con diferencias significativas entre zonas y estratos de animal. La prevalencia de la zona 1 fue superior y diferente estadísticamente ($P<.0001$) con respecto a las zonas 2 y 3. En tanto que en el estrato animal, las hembras primalas y adultas, tuvieron una prevalencia diferente ($p<0.05$) que los sementales.

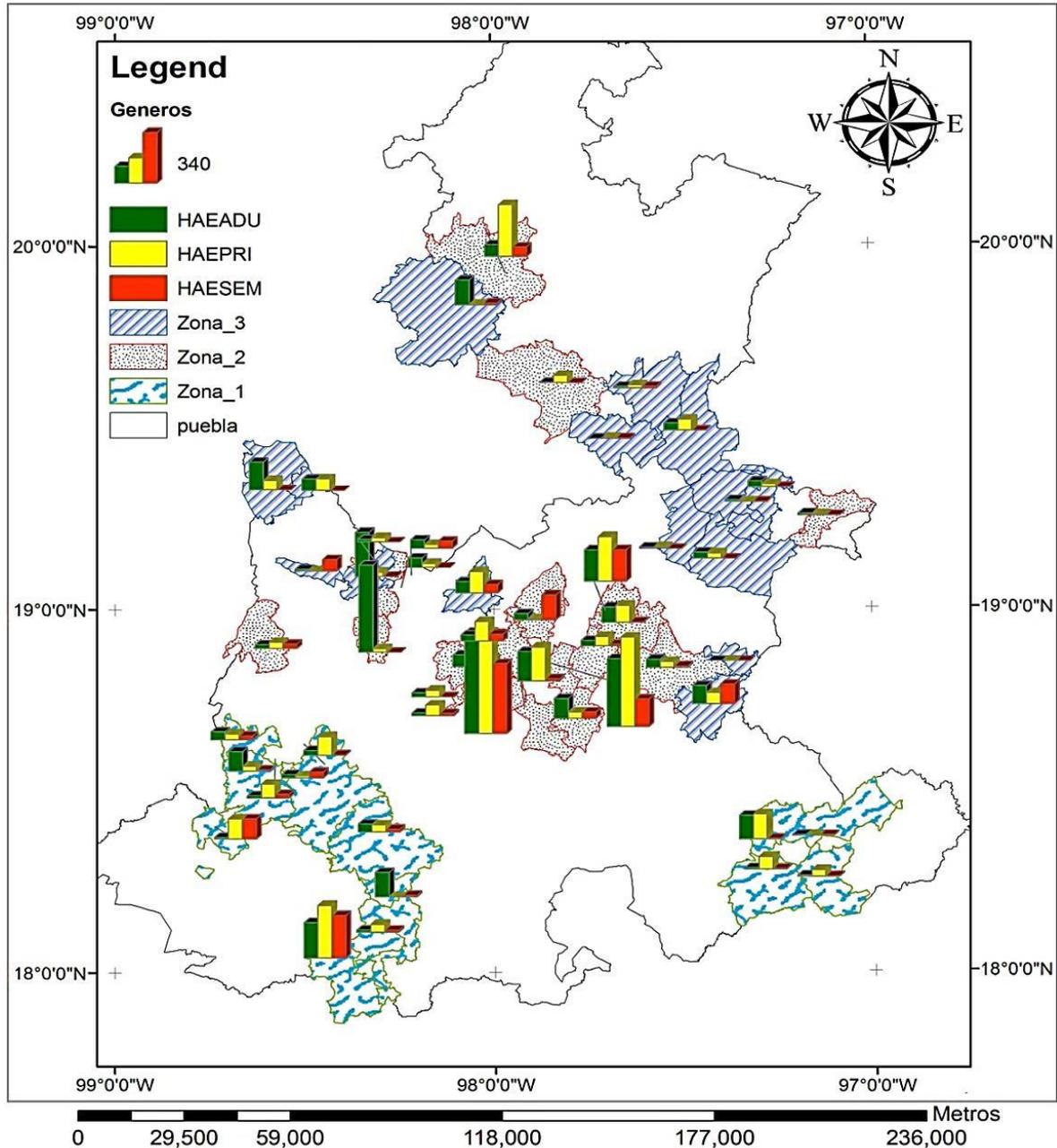
Cuadro 7. Prevalencia de nematodos y coccidias por zona y estrato de animal (%).

	Media	Zona			Estrato animal		
		1	2	3	Primalas	Adultas	Semental
Nematodos ¹	86	85 ^a	90 ^a	75 ^b	84 ^b	82 ^b	96 ^a
Coccidias ²	93	95 ^a	93 ^b	92 ^b	94 ^a	93 ^a	92 ^b

¹Huevos/g de heces ²Ooquistes/gramo de heces. ^{abc} Literales diferentes entre hileras indican diferencia significativa ($p<0.05$).

5.2. Identificación y prevalencia de géneros infectantes

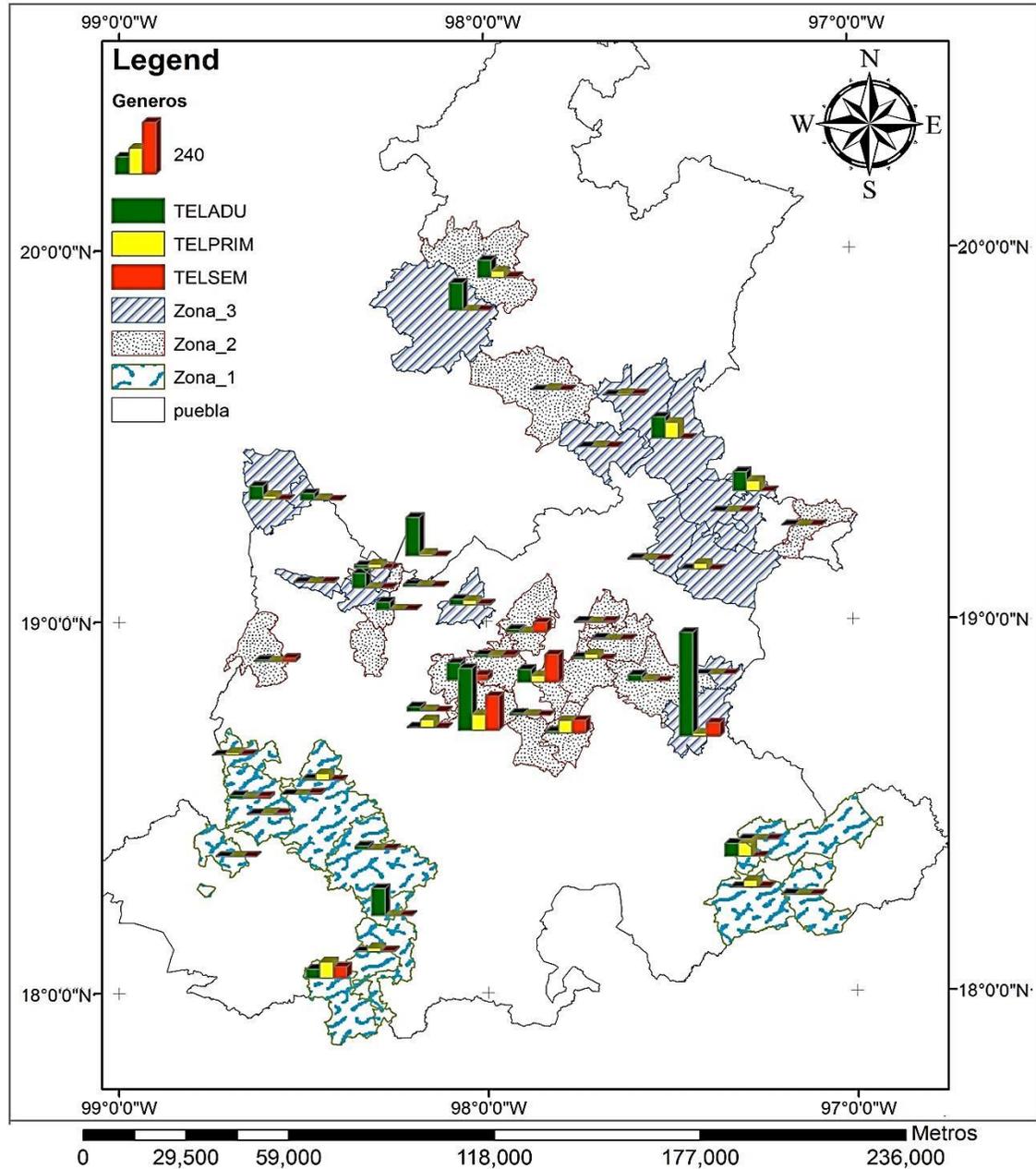
En los coprocultivos realizados para nematodos, se contabilizaron 18,603 larvas “L₃”, donde se identificaron cuatro géneros pertenecientes al orden *strongylida* y cuya representación porcentual fue: *Haemonchus contortus* (64%), *Teladorsagia circumcincta* (19%), *Strongyloides papillosus* (9%) y *Chabertia ovina* (8%). En la zona 1 se realizaron 39 cultivos, en los cuales se contabilizó el 22.1% de larvas, en la zona 2 se hicieron 62 cultivos y se registró el 57.2% y en la zona 3, se analizaron 48 cultivos y correspondió a 20.7% de larvas.



HAEADU: *Haemonchus contortus* en hembras adultas, HAEPRI: *Haemonchus contortus* en primaras, HAESEM: *Haemonchus contortus* en sementales

Figura 21. Localización de las poblaciones de *Haemonchus contortus* por zona y por estrato caprino

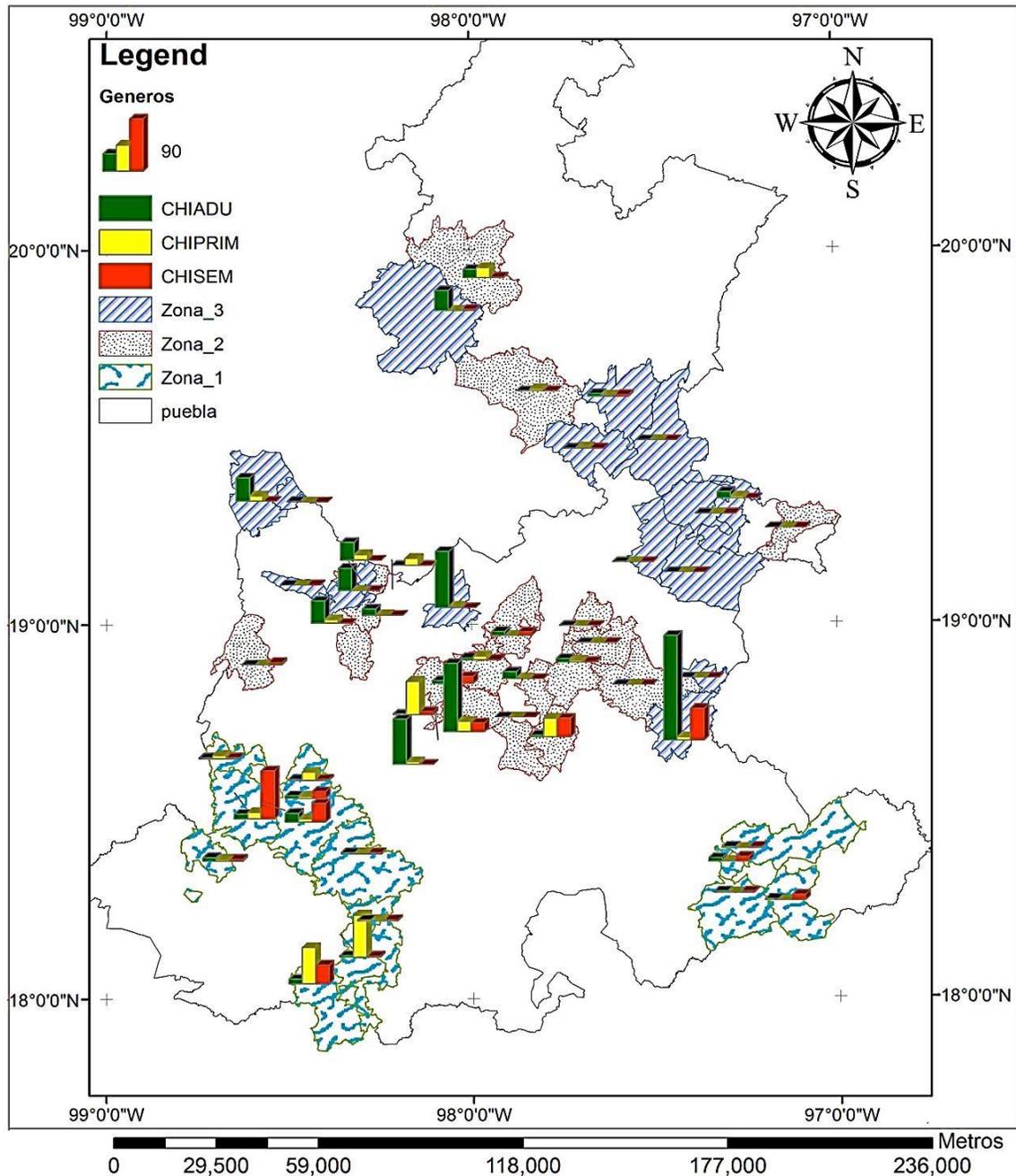
Analizando por géneros, en la Figura 21 se muestra la distribución de *Haemonchus contortus*. Por las zonas, se encontró que en la zona 1 el género representó el 63%, en la zona 2 fue 70% y en la zona 3 fue 56%. Por estratos de animal, se encontró que en las primaras representa el 65.7%, 63.6% en hembras adultas y 52% en sementales.



TELADU: *Teladorsagia circumcincta* en hembras adultas, TELPRI: *Teladorsagia circumcincta* en primalas, TELSEM: *Teladorsagia circumcincta* en sementales

Figura 22. Localización de las poblaciones de *Teladorsagia circumcincta* por zona y por estrato caprino

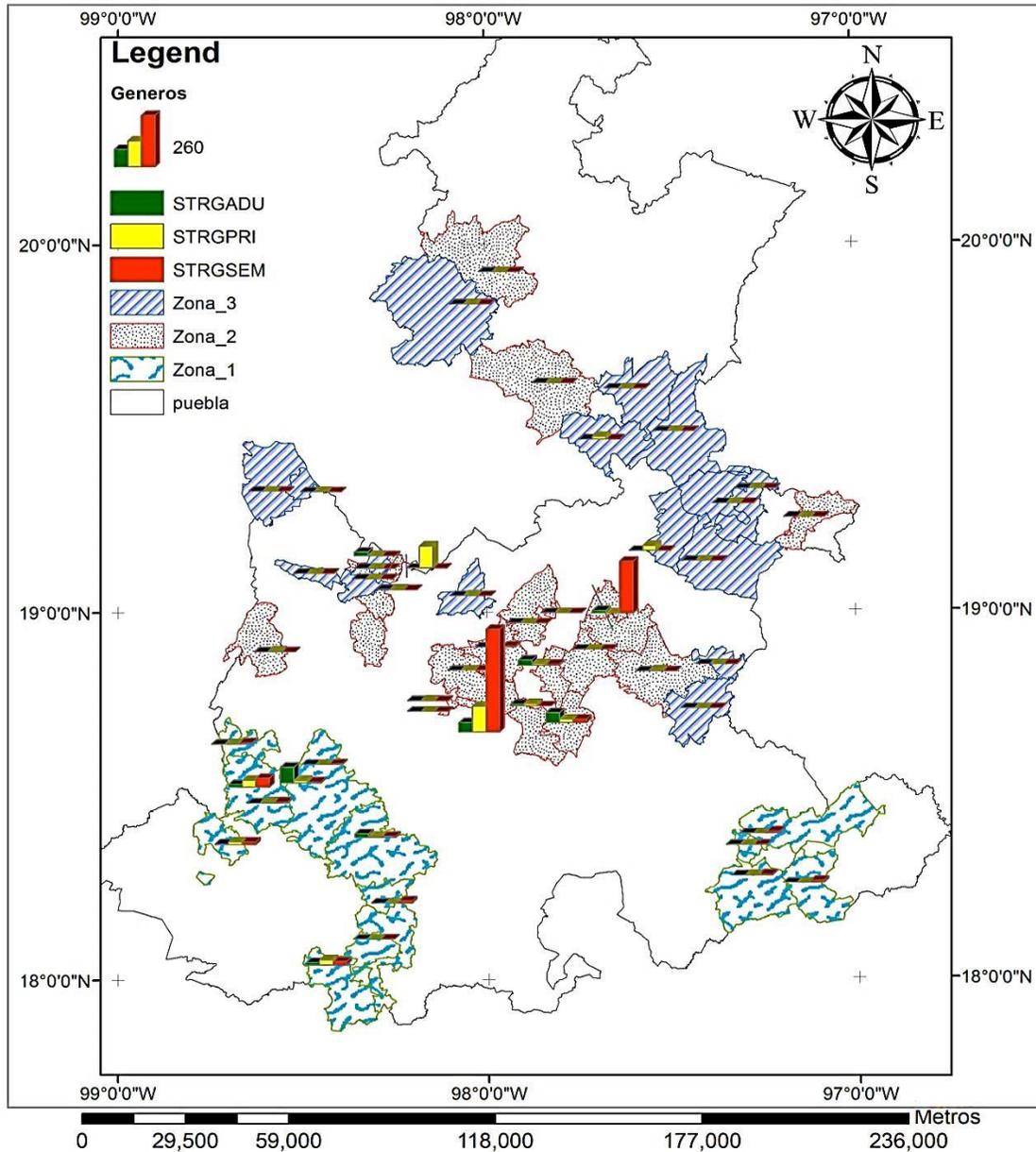
En la Figura 22 se muestra la distribución de *Teladorsagia circumcincta*. En el análisis por zona se obtuvieron porcentajes similares para la zona 1 (12%) y zona 2 (15%) y para la zona 3 (22%). Con respecto al tipo de animal, en las primalas este género representó el 16.0%, 19.7 en hembras adultas y 10.8% en sementales.



CHIADU: *Chabertia ovina* en hembras adultas, CHIPRI: *Chabertia ovina* en primas, CHISEM: *Chabertia ovina* en sementales

Figura 23. Localización de la población de *Chabertia ovina* por zona y por estrato caprino

En la Figura 23 se presenta la distribución de *Chabertia ovina*. Este género representó el 13% para la zona 1, 9% para la zona 2 y 12% para la zona 3; por estrato caprino, se obtuvo el 8.3% en primas, 13.4% en adultas y 11.2% en sementales.



STRGADU: *Strongyloides papillosus* en hembras adultas, STRGPRI: *Strongyloides papillosus* en primaras, STRGSEM: *Strongyloides papillosus* en sementales

Figura 24. Localización de la población de *Strongyloides papillosus* por zona y por estrato de animal

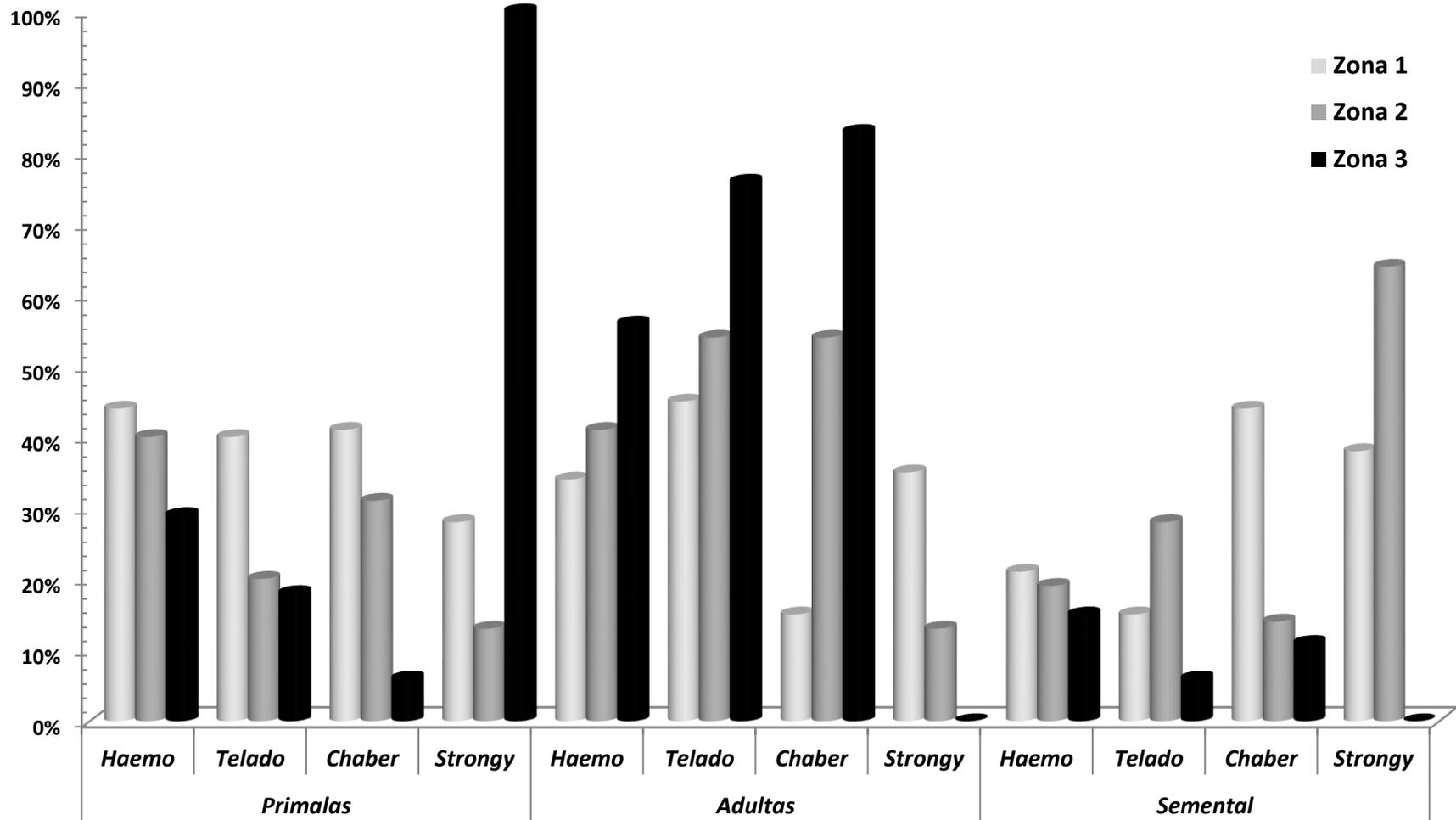
El género *Strongyloides papillosus* mostró una distribución (Figura 24) de 12% para la zona 1, 6% en la zona 2 y solamente el 8% en la zona 3. Dentro del estrato animal, representó el 9.8% en primaras, 4.17% en adultas y 24.0% en sementales.

Analizando la prevalencia de los géneros identificados en las diferentes zonas y estratos de animal, se encontró que en ambos estratos se tuvieron diferencias significativa ($p < 0.05$) para los cuatro géneros reportados (Cuadro 8). Para las zonas, los géneros *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* y *Chabertia ovina* tuvieron prevalencias en un rango de 46 a 53%; mientras que en el género *Strongyloides papillosus*, las prevalencias fueron entre 28 y 33%. Asimismo, se observó que *Haemonchus contortus* y *Teladorsagia circumcincta* en la zona 2 y 3 tuvieron una prevalencia significativamente más alta a la identificada en la zona 1. Sin embargo, para el caso de *Chabertia ovina*, la zona 1 y la 3 registraron mayor incidencia que la zona 2 y para el caso de *Strongyloides papillosus*, fueron las zonas 1 y 2 donde hubo mayor prevalencia que la zona 3. En relación al estrato animal, los sementales presentaron ($P < 0.05$) mayores prevalencias en todos los géneros con valores del 96%, a excepción de *Strongyloides papillosus* que reportó prevalencias del 74%. En el caso de las hembras primaras y adultas para los géneros *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* y *Chabertia ovina* las prevalencias fueron entre 41 y 49%; mientras que el género *Strongyloides papillosus* tuvo la prevalencia baja para primaras (20%) y para cabras adultas (34%).

Cuadro 8. Prevalencia de los géneros de nematodos identificados en los rebaños caprinos del estado de Puebla (%).

	Zona			Estrato animal		
	1	2	3	Primaras	Adultas	Semental
<i>Haemonchus contortus</i>	51 ^b	53 ^a	53 ^a	47 ^b	49 ^c	96 ^a
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	49 ^b	52 ^a	53 ^a	45 ^b	49 ^b	96 ^a
<i>Chabertia ovina</i>	51 ^a	46 ^b	49 ^a	41 ^b	46 ^c	96 ^a
<i>Strongyloides papillosus</i>	30 ^a	33 ^a	28 ^b	34 ^c	20 ^b	74 ^a

^{abc} Literales diferentes entre hileras indican diferencia significativa ($p < 0.05$); ^{ns}, no significativo.



Haemo:Haemonchus contortus, Telado:Teladorsagia circumcincta, Chabe:Chabertia ovina, Strongy:Strongyloides papillosus.

Figura 25. Comportamiento de los conteos (%) de la población de nematodos gastroentéricos en relación a la zona de muestreo y sus características agroclimáticas.

En la Figura 25 se presentan las prevalencias totales de los géneros encontrados en las diferentes zonas estudiadas y estratos de animales. Observándose que las hembras adultas en general y específicamente en la zona 3, presentando las mayores prevalencias de los géneros *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* y *Chabertia ovina*. Por su parte, el género *Strongyloides papillosus*, en la zona 3 mostró una prevalencia marcada para las hembras primaras, nula para hembras adultas y sementales. La zona 3 es donde se observan las menores prevalencias. Independientemente de la zona, a excepción de *Strongyloides papillosus*, los sementales presentaron los conteos más bajos de los diferentes géneros.

5.3. Relación entre las horas de pastoreo y los conteos de huevos de nematodos y ooquistes

Con base a la información obtenida en campo al momento de muestreo, se encontró que los rebaños son sacados a pastorear por periodos de dos a ocho horas. Agrupando los rebaños en diferentes horas, como se muestra en Cuadro 9, en este se presentaron recuentos bajos de huevos de nematodos en pastoreos menores a 6 horas, aunque estadísticamente, no existe diferencia en los recuentos y las horas de pastoreo ($P > 0.05$). Al observar la Figura 26, donde se esquematiza el conteo de huevos, se observa una tendencia a aumentar el número de huevos en animales que salen a pastorear más de cinco horas; sin embargo, en los ooquistes no se observa ninguna tendencia, salvo que los animales con mayores conteos fueron los que pastorean dos horas y que pasan la mayor parte del tiempo en los corrales.

En cuanto a ooquistes de coccidia, las variaciones son menores que las encontradas en nematodos, pero para estos ooquistes si existió diferencia significativa ($P < 0.05$), encontrando que los animales que pastorean seis horas son los que presentaron prevalencias en el 100% y las prevalencias más bajas fueron en animales que pastorean cinco horas o menos y los que salen por ocho horas.

Cuadro 9. Presencia y prevalencia de nematodos y coccidias en función de las horas de pastoreo de los rebaños caprinos.

	Pastoreo en horas					
	2	4	5	6	7	8
	N=66	N=69	N=55	N=89	N=98	N=171
HPG y OPG						
Nematodos ¹	529 ^{ns}	512 ^{ns}	678 ^{ns}	1140 ^{ns}	1219 ^{ns}	1043 ^{ns}
Coccidias ²	1877 ^a	1262 ^a	547 ^b	1262 ^a	1444 ^a	1301 ^a
Prevalencias (%)						
Nematodos	20 ^c	78 ^b	94 ^a	92 ^a	96 ^a	94 ^a
Coccidias	93 ^b	90 ^c	91 ^c	100 ^a	96 ^b	88 ^c

¹Huevos por gramo de heces ²Ooquistes por gramo de heces. ^{abc} Literales diferentes entre hileras indican diferencia significativa (p<0.05); ^{ns} no significativo.

En cuanto a las tendencias de las prevalencias, esquematizadas en la Figura 26 y 27 para nematodos y coccidias, respectivamente, se observó que para el caso de nematodos, existe una clara tendencia a aumentar cuando los rebaños que pastorean cinco horas y subsecuentemente se estabiliza; respecto a las coccidias, no se observa una clara tendencia.

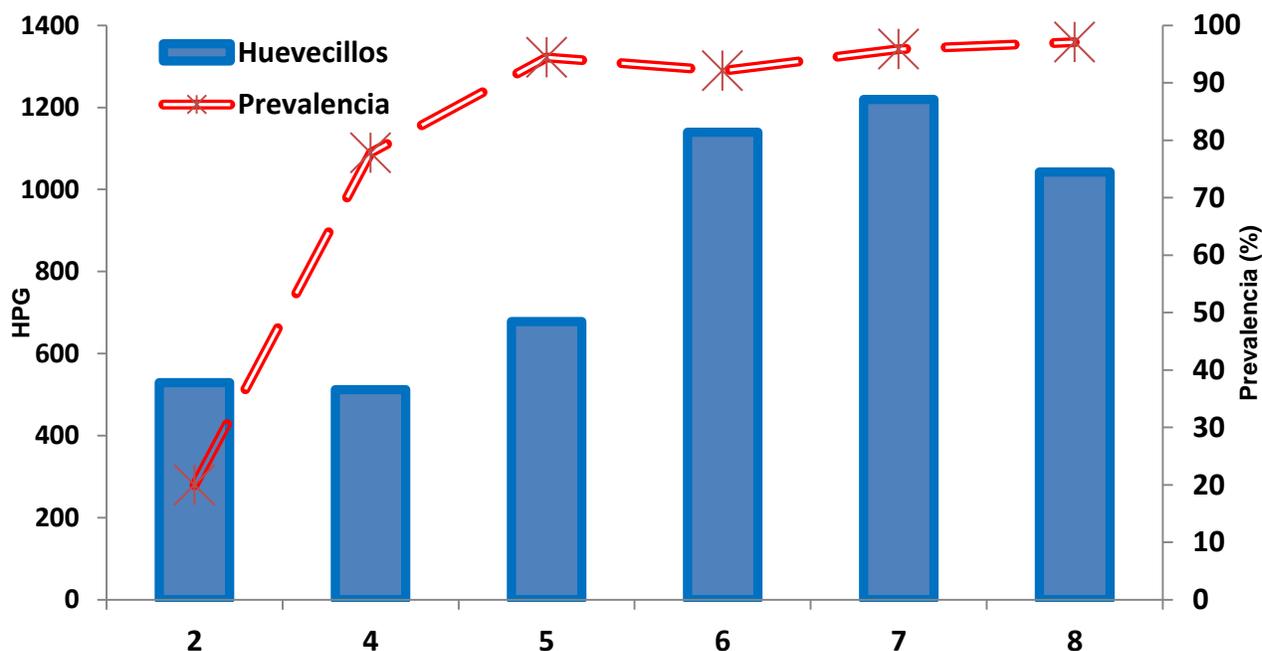


Figura 26. Cantidad de huevos de nematodos por gramo de heces (HPG) y su prevalencia durante las horas de pastoreo

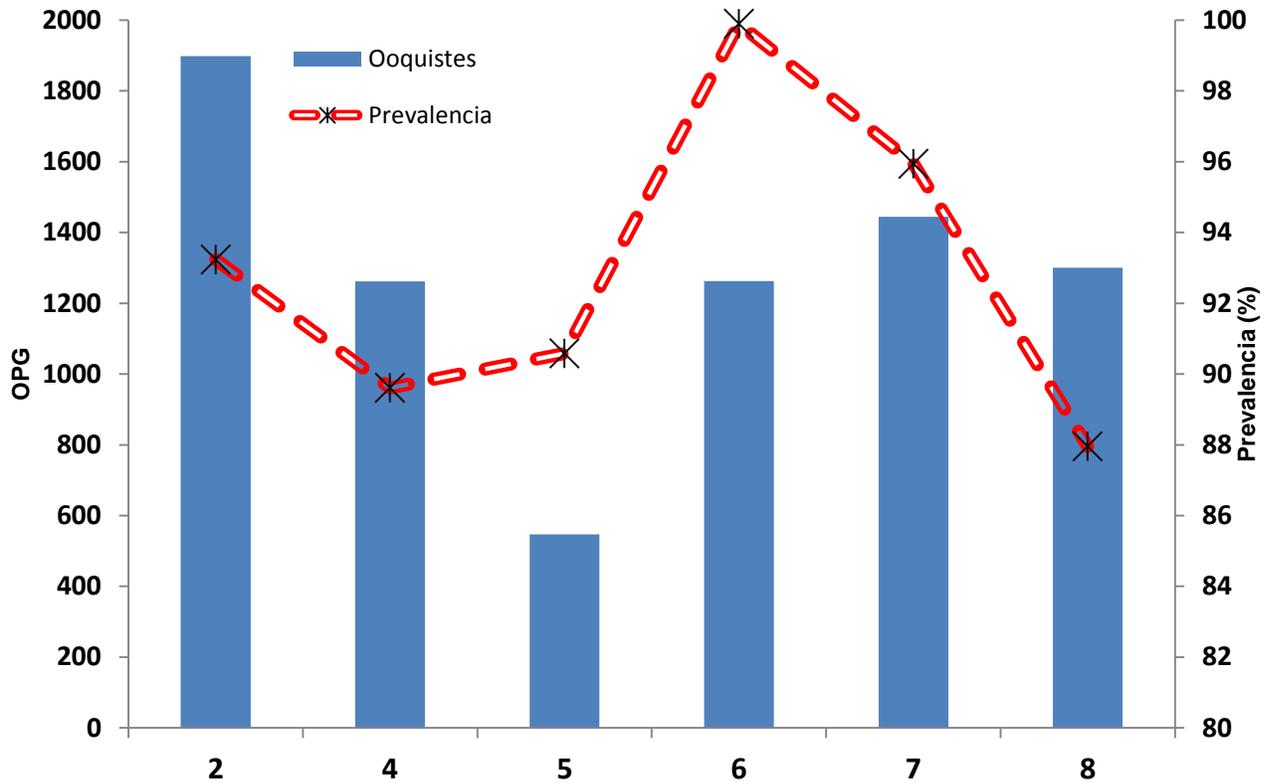


Figura 27. Cantidad de ooquistes por gramo de heces (OPG) y su prevalencia durante las horas de pastoreo.

En la Figura 28 se muestra el conteo y la prevalencia de los nematodos identificados y su relación con las horas de pastoreo. Para *Haemonchus contortus* ($P < 0.0001$) las mayores poblaciones se presentaron en rebaños que pastorean de 5 a 7 horas, con una prevalencia constante independientemente del número de horas pastoreadas. *Teladorsagia circumcincta* y *Chabertia ovina* presentaron las mayores poblaciones en aquellos rebaños que pastorean 4 horas ($P < 0.0001$), aunque al igual que todos los rebaños presenta una disminución en aquellos que pastorean 8 horas. El género *Strongyloides papillosus* presentó la mayor población en aquellos rebaños que pastorean de 4 y 7 horas ($P < 0.05$). En general se presentaron las mayores prevalencias en los rebaños que pastorean de 4 a 7 horas.

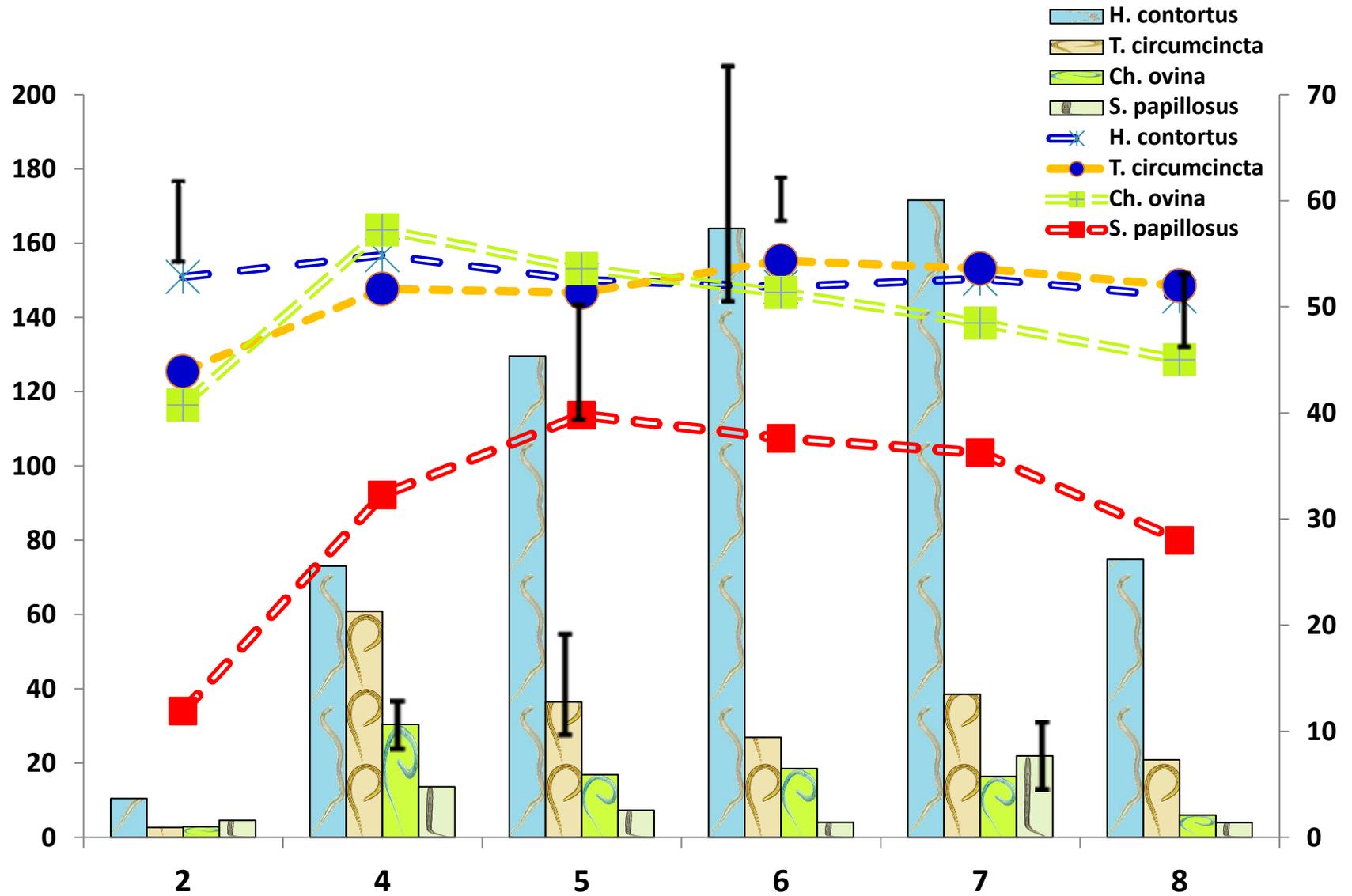


Figura 28. Comportamiento de los conteos de los géneros encontrados y sus prevalencia durante las horas de pastoreo.

5.4. Uso de Antihelmínticos y su relación con los conteos y géneros presentes

Se encontró que el 45% de los rebaños no utilizan desparasitantes, el 25% utiliza ivermectina y el 30% restante utiliza levamisol, closantil y albendazol en la misma proporción (10%). En el Cuadro 10 se muestra el recuento de los huevos y las diferentes larvas infectantes de los géneros de nematodos gastroentéricos presentes en los rebaños en relación al uso de antihelmínticos. En los recuentos de los huevos se observa que no existen diferencias significativas entre aquellos rebaños donde no desparasitan, con respecto a los que utilizan albendazol y closantil; sin embargo, donde se utilizó levamisol, pero más marcado con el uso de ivermectina, los conteos fueron estadísticamente más bajos ($P < .0001$). El género *Haemonchus contortus* presentó los conteos más bajos con el uso de closantil, siendo diferente estadísticamente con los otros tres productos y con los animales que no se desparasitan. Para los géneros *Teladorsagia circumcincta*, *Chabertia ovina* y *Strongyloides papillosus*, el producto donde se presentaron los menores conteos también fue closantil, en todos los casos con diferencias significativas ($P < .0001$).

Cuadro 10. Recuentos de huevos de nematodos y larvas de nematodos de géneros, en relación a los antihelmínticos utilizados en los rebaños caprinos del estado.

	Géneros identificados en los rebaños				
	Huevos de Nematodos g/h	<i>Haemonchus contortus</i>	<i>Teladorsagia circumcincta</i>	<i>Chabertia ovina</i>	<i>Strongyloides papillosus</i>
Albendazol (N=5)	1586 ^a	140 ^a	18 ^b	15 ^b	5 ^a
Closantil (N=5)	1420 ^a	29 ^b	11 ^c	2 ^c	3 ^b
Ivermectina (N=12)	550 ^c	99 ^a	30 ^b	14 ^b	17 ^a
Levamisol N=5	720 ^b	101 ^a	65 ^a	24 ^a	11 ^a
ND (N=22)	917 ^a	117 ^a	28 ^b	14 ^b	8 ^a

ND: No realizan control de parásitos con antihelmínticos. ^{abc} Literales diferentes entre hileras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

En el Cuadro 11 se muestran las prevalencias sobre el uso de los antihelmínticos, encontrando que no se observaron diferencias entre los rebaños que no se desparasitan y los que utilizan albendazol, pero en ambos, las prevalencias fueron mayores con respecto a los que utilizan closantil, levamisol o ivermectina ($P < .0001$). En el análisis por género, *Haemonchus contortus* no mostró diferencias de prevalencias independientemente de que se desparasite con cualquiera de los productos reportados o que no se desparasiten. Para *Teladorsagia circumcincta* las menores prevalencias fueron con closantil e ivermectina, en *Chabertia ovina* con levamisol y albendazol y para *Strongyloides papillosus* con ivermectina ($P < 0.05$).

Cuadro 11. Prevalencias de huevos y géneros de nematodos, en relación a los antihelmínticos utilizados en los rebaños caprinos del estado.

	Prevalencia huevos de nematodos g/h	Prevalencia de géneros identificados en los rebaños			
		<i>Haemonchus contortus</i>	<i>Teladorsagia circumcincta</i>	<i>Chabertia ovina</i>	<i>Strongyloides papillosus</i>
Albendazol	96 ^a	52 ^{ns}	53 ^a	44 ^b	36 ^a
Closantil	69 ^b	54 ^{ns}	47 ^c	48 ^a	22 ^c
Ivermectina	70 ^b	51 ^{ns}	48 ^b	49 ^a	28 ^b
Levamisol	75 ^b	52 ^{ns}	53 ^a	43 ^b	39 ^a
ND	95 ^a	53 ^{ns}	54 ^a	50 ^a	22 ^a

^{abc} Literales diferentes entre hileras indican diferencia significativa ($p < 0.05$); ^{ns} no significativo.

VI. DISCUSIÓN

6.1. Conteo y prevalencia de nematodos y coccidias

En la mayoría de los estudios acerca de la presencia de parásitos gastrointestinales en los rebaños caprinos, ha tenido un enfoque cuantitativo, enfocándose en el número de huevos y ooquistes y en una menor medida, en determinar cuáles son los principales géneros que afectan a los rebaños. Sin embargo, pocas veces se relaciona su presencia con las condiciones ambientales donde se ubican los rebaños. En el presente estudio se consideró la relación entre los conteos y la prevalencia de huevecillos de nematodos y ooquistes de coccidia, la identificación de géneros de nematodos, analizando la interacción entre zonas agroecológicas y diferentes estratos caprinos.

Autores como González *et al.* (2008) consideran que aquellos individuos que presentan conteos de nematodos menores a 450 HPG, no representan problemas clínicos ya que estos expresan una resistencia natural. En adición, López *et al.*, (2010) clasifican y mencionan que aquellos animales que presentan conteos entre los 500 a 2500 huevos de nematodos, corresponden a infestaciones moderadas, pudiendo presentar un cuadro clínico de diarrea, pérdida del apetito y retrasó en el crecimiento y desarrollo. En cambio, aquellos animales que presentan un recuento de 2500 huevos por gramo de heces, son considerados con altas infestaciones, presentando cuadros crónicos de diarreas, pérdida de condición corporal y apetito, decaimiento general, letargia y puede desencadenar la muerte del animal. Basado en lo anterior, los resultados promedio de conteos parasitarios de nematodos, corresponden a conteos moderados menores a 2500 huevos/g de heces, indicando que existen problemas visibles. En los datos obtenidos, se encontró que el 7.7% de los animales muestreados, presentaron conteos mayores a 2500 huevos/g de heces, 39.6% ubicados con conteos moderados y el restante 52.7 se conciben como animales resistentes con conteos bajos.

Los resultados reportados para estudios realizados en caprinos en otros trabajos y con el uso de la misma técnica (McMaster), resultaron ser similares a los aquí reportado, al igual a lo que reporta Domke *et al.* (2011), quienes en cuatro regiones de Noruega

encontraron valores entre 270 y 552 huevos/g de heces; mientras que Manfredia *et al.*, (2010) en siete regiones de Italia, reportaron valores promedio de nematodos de 1178 HPG.

Comparando los conteos de huevos de nematodos y ooquistes de coccidias, se muestra que los conteos de ooquistes fueron superiores a los huevos de nematodos. Esto puede deberse en parte, a que las coccidias tienen una mayor posibilidad de reproducción (Bowman *et al.*, 2009) y por otro lado, a que los productores generalmente utilizan como métodos preventivos y de control, antihelmínticos que afectan únicamente a los nematodos y no a las coccidias. Lo anterior fue reportado por Faizal *et al.* (1999) en Asia, quienes en un grupo de cabras sin tratamiento antiparasitarios contabilizaron durante la época de lluvias, 13,386 coccidias OPG de heces y presentando 891 nematodos HPG de heces. Por su parte Anene *et al.* (1994) en la época de lluvias encontró en heces fecales 2,744 OPG y 1,552 HPG.

Comparando los conteos parasitarios dentro de las zonas agroecológicas, se encontró que los mayores conteos se presentaron en aquellas de menor altitud, con temperatura y humedad más altas. Esto lo explica Barger *et al.*, (1994) quienes mencionan que los factores ambientales influyen en el desarrollo y la supervivencia de las larvas de nematodos gastroentéricos, en tanto que Stromberg (1997) indicó que la baja temperatura y humedad, ocasionan una disminución en la eclosión y el desarrollo de los microorganismos. El rango de valores encontrados se encuentra por debajo de los valores obtenidos en el noroeste de Francia, aunque los mayores conteos se obtuvieron en las zonas con las mayores humedades y temperaturas.

Comparando los conteos de los coccidias OPG en relación a las zonas agroecológicas y los estratos animales, no se encontró diferencia entre las zonas y entre los estratos. Lo anterior puede deberse a que las coccidias están presentes en diferentes ambientes en conteos heterogéneos y con una amplia diversidad de especies presentes en las cabras (Penzhorn *et al.*, 1994). Están presentes en diferentes altitudes sobre el nivel del mar, que van desde los 100 en Inglaterra y Polonia (Norton, 1986; Balicka-Ramisz, 1999), en los 400 en Australia y Nigeria (Vercruyse, 1982; O'Callaghan, 1988), los 900 en Jordania (Abo-Shehada y Abo-Farieha, 2003), en los 1200 en Zimbabue, África

(Chhabara y Pandey, 1991), en las partes montañosas arriba de los 2400 en USA (Penzhorn *et al.*, 1994).

Por estrato animal se encontró que los mayores conteos fueron para los sementales, debido a que y de acuerdo con Granquist *et al.*, (2012), son tratados con un nivel jerárquico mayor, implicando un manejo diferente a las hembras que puede conllevar a que los tratamiento de control de parásitos no sean los apropiados. Por otra parte, Luong *et al.*, (2009) demuestran que los sementales portan un número mayor de huevos, convirtiéndose en transmisores importantes dentro de los rebaños.

De acuerdo con Cai y Bai, (2009), el sistema pastoril favorece altas prevalencia, y reinfestación de parásitos gastroentéricos. No así los sistemas extensivos, reportando Odoi *et al.*, (2007), que los sistemas de confinamiento favorecen altas prevalencias de ooquistes de coccidias.

En el presente estudio, se reportan prevalencias del 84% en el conteo de nematodos gastroentéricos, siendo la zona 2 la que presentó las prevalencias más altas debido a que presentó condiciones más favorables en humedad y temperatura. Regassa *et al.*, (2006) reporta prevalencias similares en condiciones similares a la zona 2 en Etiopia, con altitudes de los 1500 a los 3000 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura de 18°C. Mbuh *et al.* (2008) reportan prevalencias del 88 al 100% en la parte tropical de Buea, Camerún y Rumosa *et al.* (2009), reportaron prevalencias del 97% en la zona montañosas de Nkosana, Sudáfrica, a más de 1500 msnm, en condiciones de frio, sequia, de calor y humedad.

Las prevalencias de los ooquistes de *Coccidia* en este estudio fueron altos (93%), tal vez debido a la falta de higiene en el manejo del hato, pudiendo ser afectadas por las zonas con latitudes altas ya que los reportes encontrados fueron por debajo de los 1300 metros sobre el nivel del mar, con prevalencias altas de coccidias. En estudios con diferentes rangos de altitudes se reportan altos conteos de ooquistes. Manfredia *et al.* (2010) reportan prevalencias similares al presente estudio, donde se encontró 92% en diferentes localidades de Italia, en un rango de altitud que va de los 100 a los 1300 metros sobre el nivel del mar. Rocha *et al.* (2012) reportaron prevalencias del 91% en clima tropical húmedo a una altitud de 6 metros sobre el nivel del mar. Mbuh *et al.*

(2008) reporta prevalencias del 81% en Buea, Camerún lugar situado en zona tropical a 900 msnm, mientras que Abo-Shehada y Abo-Farieha, (2003) en zona semidesértica en Jordania, faltando especificar la precipitación, se reportaron prevalencias de 85%. Esto demuestra que la prevalencia de coccidia y nematodos está muy diseminada en el mundo, pudiendo convertirse en una epidemias (Alexandre y Mandonnet, 2005; Biffa *et al.*, 2006)

El 90% de los conteos se presentaron en combinación entre los huevos de nematodos y los ooquistes de coccidias, siendo mayor los conteos de ooquistes, caso similar a lo reportado por Abo-Shehada y Abo-Farieha, (2003) mostrando combinaciones entre nematodos y coccidias en Jordania. A diferencia a lo reportado por Mbuh *et al.* (2008), donde se reportan conteos mayores de nematodos que de coccidias, pero con una presencia mayor de precipitaciones y humedad.

6.2. Larvas infectantes identificadas y su prevalencia en la población caprina

Existe una gran diversidad de nematodos gastroentéricos presentes en los rebaños caprinos (Almalaik *et al.*, 2008). En este trabajo se identificó *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta*, *Chabertia ovina* y *Strongyloides papillosus*, coincidiendo con investigaciones de Abo-Shehada y Abo-Farieha (2003), Abebe *et al.* (2010), Chartier y Paraud (2012), Apio *et al.* (2013), encontrando en este trabajo 63% para *Haemonchus contortus*, siendo similar y con la misma metodología, que reporta Abebe *et al.*, (2010) quienes encontraron el 64%, en latitudes entre los 1200 y 2600 metros sobre el nivel del mar. Además que este género está presente en latitudes y zonas agroecológicas diferentes, zonas tropical a 100 msnm en Sri Lanka (Faizal *et al.*, 1999), en templadas 500 en India (Sutar *et al.*, 2010), en la zona montañosas de 1500 en Camerún (Mbih *et al.*, 2008) y templadas mayores a los 2000 metros en Etiopía (Abebe y Esayas, 2001). Este género presenta una alta prolificidad (Vignau *et al.*, 2005). En este estudio se presentó la especie de *Teladorsagia circumcincta* en un 29%, siendo esto lo contrario a lo encontrado en Noruega por Domke *et al.*, (2013), donde se muestrearon zonas en un rangos de temperatura de los -5 a los 7°C. a lo igual que reporta por Alberti *et al.* (2012) en las zonas montañosas de Veresa, Italia. El género

Chabertia representó el 12% de la muestra total, resultado similar lo encontrado por Papadopoulos *et al.* (2003) durante los mismos meses de muestreo en dos zonas del norte de Grecia. En otro estudio en otra zona de Grecia por Papadopoulos *et al.* (2007) a 400 metros reportaron poblaciones del 11% en clima seco y cálido, de acuerdo con Moreno-Gonzalo *et al.*, (2012) reporta en poblaciones caprinas el 5% en el norte de España a 900-1000 msnm, con precipitaciones mayores a 1500 mm. *Strongyloides papillosus* fue la especie que tuvo la población más baja (9%) siendo aún menor en la zonas con latitudes altas y bajas, siendo similar a lo reportado por Eysker *et al.* (2005) en los países bajos a altitudes de 10 metros sobre el nivel del mar, que reporta este género como el de menor presencia 1% en tres años, a diferencia a lo reportado por Rumosa *et al.* (2009) presentando en el estudio las temperaturas más bajas y un deceso en la precipitación.

La especie que presentó la mayor prevalencia en los rebaños fue *Haemonchus contortus* (52%), siendo afectado por las zonas con altitudes bajas, pero sobre todo con bajas precipitaciones. Abebe y Esayas (2001) en zonas áridas y semiáridas reportan el 85% de prevalencia de este género, Debela, (2002) reporta en clima subtropical el 66.5% y Sissay *et al.* (2007) en una zona de 2000 msnm con precipitaciones anuales de 800 mm con un clima templado fría reportaron el 73%, ambos estudios en Etiopia. Fritsche *et al.*, (1993) reportaron en Gambia en altitudes de 20 msnm en zona subtropical el 67%. Cai y Bai, (2009) en Lingwu Yingchuan, China, reportan prevalencias del 94% en pastoreo, en clima templado frío, a 1127 msnm, demostrando que este género presenta una gran tolerancia a casi la mayoría de los climas desde las zonas áridas tropicales y con temperaturas muy bajas, aunque lo expresado por Di Cerboa *et al.* (2010) este género debería presentar mayor prevalencia en climas cálidos y húmedos.

La especie de *Teladorsagia circumcincta* presentó una prevalencia del 51% en los rebaños para este trabajo, siendo más bajo a lo reportado por Alberti *et al.* (2012) quienes reportan el 60% en muestreos en Varese, Como y Bérgamo, Italia, a altitudes de 400 a los 1200 m, con clima templado y frío por las zonas montañosas. Cai y Bai, (2009), en china reportan el 43.3% en clima templado frío, a 1127 msnm, Papadopoulos *et al.* (2003) reportan 68% de prevalencia en Grecia a 120 y 300 msnm

en clima templado húmedo.

Chabertia ovina tuvo el 49% de prevalencia en los rebaños caprinos, siendo superior a lo reportado por Silvestre *et al.* (2000) donde encontraron prevalencias del 4% en la zona templada del sur de Francia, siendo relativamente menor a lo reportado por Sissay *et al.* (2007) en Etiopía al mostrar prevalencias del 11% en mezcla de *Strongyloides*, *Bunostomum*, *Cooperia*, *Nematodirus*, *Oesophagostomum* y *Skrjabinema*.

La prevalencia de *Strongyloides papillosus* fue del 31% en los rebaños, siendo alta al compararla con lo encontrado por Idris *et al.* (2012) donde se encontró un 7% prevalencia en Alemania a 365 msnm, pero con climas fríos de verano y otoño, pudiendo mostrar que este género es muy susceptible a bajas temperaturas.

6.3. Géneros presentes y su relación con horas de pastoreo y antihelmínticos usados en los rebaños

Existe poca información de estudios donde relacionen una interacción entre el tiempo de pastoreo y el conteo de huevos de nematodos, quedando este estudio como un precedente para desarrollar estudios más específicos. En nematodos no se encontraron diferencias estadísticas entre las diferentes horas de pastoreo, lo cual coincide con Vásquez *et al.* (2001), quien realizó un estudio en el mismo rebaño recolectando las muestras en intervalos de cada 2 horas, no encontrando diferencia estadística entre los diferentes tiempos evaluados.

En el conteo de huevos de nematos los mayores se presentaron en aquellos rebaños que usan los antihelmínticos de Closantil y Albendazol presentando los conteos de 1,420 y 1,586 respectivamente, pudiendo sugerir una posible resistencia a estos; situación parecida a lo presentado por Jackson *et al.* (2012), donde reporta un porcentaje alto de resistencia en la mayoría de los países que utiliza Albendazol, Closantil, Ivermectina y Levamisol, los genero encontrados con resistencia son *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* y *Trichostrongylus spp* (Jackson, 1993; Waruiru, 1997; Domke *et al.*, 2013). Además de esto, existe una subestimación de los mismos, ya que en un 76% existió un error al contabilizar la cantidad de

antihelmíntico a suministrar a los animales, viendo este efecto más marcado en sementales y primaras. Este mismo se reporta por Fakae *et al.* (2004), donde expresa que la falta del conocimiento del uso y aplicación ha reducido la efectividad y pone en riesgo a la población caprina por resistencia de los microorganismos a los antihelmínticos, promoviendo ideas más de controles alternativas naturales (De Jesús-Gabino *et al.*, 2010).

VII. CONCLUSIONES

- Existieron diferencias en los conteos de nematodos en relación a la zona, mostrando cifras mayores las zonas de altitudes menores a 2200 msnm, lugares donde se encontraron mayores precipitaciones y temperaturas. En relación a los conteos de coccidias no mostraron ninguna diferencia entre las zonas.
- El estrato animal en donde se encontraron altos conteos de huevos de nematodos fue el de los sementales, mientras que los mayores conteos de ooquistes de coccidias se presentaron en las hembras adultas y las primaras.
- Las zonas fueron diferentes en prevalencia de nematodos, siendo las zonas 1 y 2 las que alcanzaron valores más altos (87%). En la prevalencia de coccidias, de igual modo hubo efecto de zona. La zona 1 presentó la mayor prevalencia (95%).
- En las muestras de los rebaños caprinos se identificaron los géneros *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Chabertia* y *Strongiloides*, siendo los dos primeros los más predominantes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abebe, R., Gebreyohannes, M., Mekuria, S., Abunna, F., Alemayehu, R., 2010. Gastrointestinal nematode infections in small ruminants under the traditional husbandry system during the dry season in southern Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production* 42, 1111-1117.
- Abebe, W., Esayas, G., 2001. Survey of ovine and caprine intestinal helminthosis in eastern part of Ethiopia during the dry season of the year. *Revue de Medecine Veterinaire* 152, 379-384.
- Abo-Shehada, M.N., Abo-Farieha, H., A., 2003. Prevalence of Eimeria species among goats in northern Jordan. *Small Ruminant Research* 49, 109-113.
- Accattoli, C., Salazar, M.A., Schnack, J.A., 2010. Nuevos registros de ácaros oribátidos (Acari: Oribatida) para la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 69, 293-298.
- Acevedo-Ramírez, P.M.C., Quiroz-Romero, H., R.O., V.-C., Mendoza-de Gives, P., Gómez, J.L., 2011. Nematophagous fungi from Mexico with activity against the sheep nematode *Haemonchus contortus*. *Revista Ibero-Latinoamericana Parasitología* 70, 101-108.
- Agirrezabala, J.R., Aizpurua, I., Albizuri, M., Alfonso, I., Armendáriz, M., Barrondo, S., Bengoa, A., Etxeberria, A., Fernández, J., Fernández, S., Giménez, A.I., Iglesias, J.J., Iribar, J., Iturralde, J., Jaio, N., López, G., Lekue, I., López, J., Martínez, J., Mozo, C., Olloquiegi, E., de Velasco, E.R., de Rozas, R.S., Valverde, E., 2009. Parásitosis intestinales. *Eskualdeko Farmakoterapi Informazioa* 17, 7-12.
- Ajala, A.A., 1995. Women's tasks in the management of goats in Southern Nigeria. *Small Ruminant Research* 15, 203-208.
- Alba, H.F., 1994. Manual de prácticas de laboratorio de parasitología veterinaria. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Alberti, E.G., Zanzani, S.A., Ferrari, N., Bruni, G., Manfredi, M.T., 2012. Effects of gastrointestinal nematodes on milk productivity in three dairy goat breeds. *Small*

Ruminant Research 106, S12-S17.

- Alexandre, G., Mandonnet, N., 2005. Goat meat production in harsh environments. *Small Ruminant Research* 60, 53-66.
- Almalaik, A.R.A., Bashar, A.E., Abakar, A.D., 2008. Prevalence and dynamics of some gastrointestinal parasites of sheep and goats in Tulus Area based on post-mortem examination. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 3, 390-399.
- Almeria, S., Uriarte, J., 1999. Dynamics of pasture contamination by gastrointestinal nematodes of cattle under extensive management systems: proposal for strategic control. *Veterinary Parasitology* 83, 37-47.
- Amarante, A.F.T., Barbosa, M.A., 1992. Species of coccidia occurring in lambs in Silo Paulo State, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 189-193.
- Anderson, N., 1982. Internal parasites of sheep and goats, In: Coop, I.E. (Ed.), *World Animal Science; Sheep and goat production*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, pp. 175-191.
- Anderson, R.C., 2000. *Nematode parasites of vertebrates, Their Development and Transmission*. CABI, Ontario Canada.
- Anderson, R.M., 1978. The regulation of host population growth by parasite species. *Parasitology* 76, 119-157.
- Anene, B.M., Onyekwodiri, E.O., Chim, A.B., Anika, S.M., 1994. Gastrointestinal parasites in sheep and goats of southeastern Nigeria. *Small Ruminant Research* 13, 187-192.
- Apio, A., Mohammed, O.B., Omer, S.A., Wronski, T., 2013. Cross infection with gastrointestinal tract parasites between domestic goat and endemic Farasan gazelle (*Gazella gazella farasani*) in Farasan Islands, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University – Science* 25, 325-329.
- Arbiza, A.S.I., 1986. Los caprinos en México, In: Arbiza, A.S.I. (Ed.), *Producción de caprinos*, AGT Editor, S.A., México, D. F., pp. 47-75.
- Arias, M., Alonso, A., 2002. Study in goat production systems in the north of Córdoba province, Argentine. *Archivos de Zootecnia* 51, 341-349.
- Armour, J., 1978. Recent advances in the epidemiology of sheep endoparasites: The

- management and diseases of sheep, British Council special course, London, pp. 339-334.
- Armour, J., Bruce, R.G., 1974. Inhibited development of *Ostertagia ostertagi* infections - a diapause phenomenon in a nematode. *Parásitology* 69, 161-174.
- Armour, J., 1980. Epidemiology of helminth disease in farm animals. *Veterinary Parásitology* 6, 7-46.
- Arroyo, B.F.L., Mendoza, G.P., López, A.M.E., Liébano, H.E., Vázquez, P.V., Miranda, M.E., Montellano, N.A.M.O.d., 2008. Evaluación de un método combinado de control de la hemoncosis ovina en condiciones controladas. *Técnica Pecuaria en México* 46, 217-223.
- Ba, S.B., Udob, H.M.J., Zwartb, D., 1996. Impact of veterinary treatments on goat mortality and offtake in the semi-arid area of Mali. *Small Ruminant Research* 19, 1-8.
- Balicka-Ramisz, A., 1999. Studies on coccidiosis in goats in Poland. *Veterinary Parásitology* 81, 347-349.
- Banks, D.J.D., Singh, R., Barger, I.A., Pratap, B., Le-Jambre, L.F., 1990. Development and survival of infective larvae of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in a tropical environment. *International Journal for Parasitology* 20, 155-160.
- Barger, I.A., Siale, K., Banks, D.J.D., Le-Jambre, L.F., 1994. Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment. *Veterinary Parásitology* 53, 109-116.
- Behnke, J.M., Iraqi, F., Menge, D., Baker, R.L., Gibson, J., Wakelin, D., 2003. Chasing the genes that control resistance to gastrointestinal nematodes. *Journal of Helminthology* 77, 99-109.
- Berbigier, P., Gruner, L., Mambrini, M., Sophie, S.A., 1990. Faeces water content and egg survival of goat gastro-intestinal strongyles under tropical conditions in Guadeloupe. *Parásitology Research* 76, 379-385.
- Besier, R.B., Dunsmore, J.D., 1993. The ecology of *Haemonchus contortus* in a winter rainfall region in Australia: the development of eggs to infective larvae. *Veterinary Parásitology* 45, 275-292.

- Biffa, D., Jobre, Y., Chakka, H., 2006. Ovine helminthosis, a major health constraint to productivity of sheep in Ethiopia. *Animal Health Research Reviews* 7, 107-118.
- Bisset, S.A., Morris, C.A., Squire, D.R., Hickey, S.M., 1996. Genetics of resilience to nematode parasites in young Romney sheep—use of weight gain under challenge to assess individual anthelmintic treatment requirements. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39, 314-323.
- Boch, J., Supperer, R., 1992. *Veterinärmedizinische Parasitologie* Parey, Berlin und Hamburg, Germany.
- Borchert, K., 1981. *Parásitología veterinaria*, Zaragoza, España.
- Bowman, D.D., Lynn, R.C., Eberhard, E., 2009. *Georgis' parasitology for veterinarians*. Elsevier, Saint Louis Missouri.
- Boza, J., Robles, A.B., Fernández, P., Bermúdez, F.F., Rebollar., J.L.G., 1997. Planificación ganadera de pastos de zonas desfavorecidas, XXXVII Reunión Científica de la sociedad Española para el estudio de los pastos, Sevilla-Huelva.
- Cai, K.Z., Bai, J.L., 2009. Infection intensity of gastrointestinal nematodosis and coccidiosis of sheep raised under three types of feeding and management regims in Ningxia Hui Autonomous Region, China. *Small Ruminant Research* 85, 111-115.
- Carreón-Luna, L., Hernández, Z.S., Reséndiz, M.R., Bárcena, G.R., Vargas, L.S., González, M.S.G., Mora, N.M., Méndez, C.J.P., 2007. Parásitos en caprinos de la mixteca poblana Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina.
- Castel, J.M., Ruiz, F.A., Mena, Y., Sánchez-Rodríguez, M., 2010. Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Ruminant Research* 89, 207-210.
- CCA UNAM, 2010. Grupo Interacción Océano - Atmósfera, http://132.248.8.222/pronostico_wrf/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=6820 (Accesado el día 10 de octubre 2013), Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, México.
- CONABIO, 2012. Portal de geo información, Comisión Nacional para el Conocimiento y

- Uso de la Biodiversidad, <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>, México (Accesado el día 3 de octubre 2013).
- Connor, R.J., 1985. Helminthiasis in goats: Observations on the epidemiology and control of gastrointestinal nematode infections, ODA, London.
- Coop, R.L., Kyriazakis, I., 1999. Nutrition-parasite interaction. *Veterinary Parasitology*, 187-204.
- Coop, R.L., Kyriazakis, I., 2001. Influence of host nutrition on the development and consequences of nematode parasitism in ruminants. *Trends in Parasitology* 17, 325-330.
- Corticelli, B., Lai, M., 1961. Osservazioni sulle larve infestive di *Haemonchus* ottenute dal bovino e dall'ovino in Sardegna. *Extracto de Alli della Societü Italiana delle Scienze Velerinarie* 15, 708-715.
- Cordero-del-Campillo, M., Rojo, V.F.A., Martinez, F.A.R., Sanchez, A.M.C., Hernandez, R.S., Navarrete, L.-C.I., Diez, B.P., Quiroz, R.H., Carvalho, V.M., 2001. *Parásitología Veterinaria*. Mcgraw-Hill-Interamericana, España.
- COTECOCA, 2001. Comisión técnico consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero (COTECOCA), SAGARPA, Delegación en el Estado de Puebla, Subdelegación Agropecuaria, SAGARPA, Puebla, pp. 1-2.
- Coudert, P., 1992. *Eimeria* species from the goat. *Proceedings of the Fourth Conference COST-89, Tours, INRA, October*.
- Chandrawathani, P., Jamnah, O., Waller, P.J., Larsen, M., Gillespie, A.T., Zahari, W.M., 2003. Biological control of nematode parasites of small ruminants in Malaysia using the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans*. *Veterinary Parasitology* 117, 173-183.
- Chandrawathani, P., Yusoff, N., Wan, L.C., Ham, A., Waller, P.J., 2004. Total anthelmintic failure to control nematode parasites of small ruminants on government breeding farms in Sabah East Malaysia. *Veterinary Research Communications* 28, 1-11.
- Chartier, C., Paraud, C., 2012. Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Ruminant Research* 103, 84-92.
- Chartier, C., Soubirac, F., Pors, I., Silvestre, A., Hubert, J., Couquet, C., Cabaret, J.,

2001. Prevalence of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of dairy goats under extensive management conditions in southwestern France. *Journal of Helminthology* 75, 325-330.
- Chhabara, R.C., Pandey, V.S., 1991. Coccidia of goats in Zimbabwe. *Veterinary Parasitology* 39, 199-205.
- Dash, K.M., 1973. The life cycle of *Oesophagostomum columbianum* (CURTICE, 1890) in sheep. *International Journal for Parasitology* 3, 843-851.
- De Jesús-Gabino, A.F., Mendoza-de Gives, P., Salinas-Sánchez, D.O., López-Arellano, M.E., Liebano-Hernández, E., Hernández-Velázquez, V.M., Valladares-Cisneros, G., 2010. Anthelmintic effects of *Prosopis laevigata* n-hexanic extract against *Haemonchus contortus* in artificially infected gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Journal of Helminthology* 84, 71-75.
- Debela, E., 2002. Epidemiology of gastrointestinal helminthosis of Rift Valley goats under traditional husbandry system in Adami-Tulu district, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Science* 25, 35-44.
- Dee Whittier, W., Zajac, A., Umberger, S., 1997. Control of internal parasites in sheep, In: extensión, V.c. (Ed.), <http://www.ext.vt.edu/pubs/sheep/410-027/410-027.html>. Consultado el: 16 mayo 2013, Virginia, U.S.A.
- Devendra, C., McLeroy, G.B., 1982. Goat and sheep production in the Tropics. Longman, London/New York.
- Di Cerboa, A.R., Manfredia, M.T., Zanzania, S., Stradiotto, K., 2010. Gastrointestinal infection in goat farms in Lombardy (Northern Italy): Analysis on community and spatial distribution of parasites. *Small Ruminant Research* 88, 102–112.
- Dineen, J.K., 1963. Immunological aspects of parasitism. *Nature* 197, 268-269.
- Domke, A.V.M., Chartier, C., Gjerde, B., Leine, N., Vatn, S., Østerås, O., Stuen, S., 2011. Worm control practice against gastro-intestinal parasites in Norwegian sheep and goat flocks. *Acta Veterinaria Scandinavica* 53, 2-9.
- Domke, A.V.M., Chartier, C., Gjerde, B., Leine, N., Vatn, S., Stuen, S., 2013. Prevalence of gastrointestinal helminths, lungworms and liver fluke in sheep and goats in Norway. *Veterinary Parasitology* 194, 40-48.
- Dorny, P., Symoens, C., Jalila, A., Vercruyssen, J., Sanib, R., 1995. Strongyle infections

- in sheep and goats under the traditional husbandry system in peninsular Malaysia. *Veterinary Parasitology* 56, 121-136.
- Draksler, D., Osandivaras, P., Monferro, M.C., Gonzales, S., 2007. Inhibición de nematodos gastrointestinales por bacterias prebióticas de origen caprino, www.produccion-animal.com.ar (Accesado el día 20 de septiembre 2011).
- Drudge, J.H., Leland, S.E., Wyant, Z.N., 1957. Strain variations in the response of sheep nematodes to the action of phenothiazine 2 studies on pure infections with *Haemonchus contortus*. *American Journal of Veterinary Research* 18, 317-325.
- Eckert, J., Taylor, M., Catchpole, J., Licois, D., Coudert, P., Bucklar, H., 1995. Identification of *Eimeria* species and strains. In: *Guidelines on Techniques in Coccidiosis Research*, COST 89/820 Biotechnology. European Commission, Directorate-General XII, Science Research and Development, Agriculture Biotechnology L-2920, Luxemburg, pp. 108-109.
- Echevarria, F., Borba, M.F.S., Pinheiro, A.C., Waller, P.J., Hansen, J.W., 1996. The prevalence of anthelmintic resistance in nematode parasites in sheep in southern Latin America: Brazil. *Veterinary Parasitology* 62, 199-206.
- Edwards, P.J., Hollis, S., 1982. The distribution of excreta on New Forest grassland used by cattle, ponies and deer. *Journal of Applied Ecology* 19, 953-964.
- Encalada, M.L.A., López, A.M.E., Mendoza, G.P., Liébano, H.E., Vázquez, P.V., Vera, Y.G., 2008. First report in Mexico on ivermectin resistance on naturally infected calves with gastrointestinal nematodes. *Veterinaria México* 39, 423-428.
- Eysker, M., 1993. The role of inhibited development in the epidemiology of *Ostertagia* infections. *Veterinary Parasitology* 46, 259-269.
- Fakae, B.B., Musongong, G.A., Chiejina, S.N., Behnke, J.M., Ngongeh, L.A., Wakelin, D., 2004. Variability in the resistance of the Nigerian West African Dwarf goat to abbreviated escalating trickle and challenge infections with *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology* 122, 51-65.
- FAO, 2003. Resistencia a los Antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Roma.

- FAO, 2011. Live Animals. Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor>, Rome, Italy.
- FAO, 2013. FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor> (Accesado el día 22 de mayo 2013), FAO, Roma, Italia.
- Faizal, A.C.M., Rajapakse, R.P.V.J., Jayasinghe, S.R., Rupasinghe, V., 1999. Prevalence of *Eimeria* Spp. and gastrointestinal nematodes versus weight gains in treated goats raised in the dry areas of Sri Lanka. *Small Ruminant Research* 34, 21-25.
- Foreyt, W.J., 2001. *Veterinary parasitology reference manual*. Blackwell, Iowa State University Press.
- Fuente, H.J.D.I., Garmendia, A.G., González, M.H., Jiménez, M.L.E., Mascorro, E.V., 1989. Bonanza y crisis de la ganadera nacional: Una visión integral de la actividad agropecuaria en México. Subdirección de Investigación Departamento de Diagnostico Externo. Universidad Autónoma de Chapingo México, 349.
- Fritsche, T., Kaufmann, J., Pfister, K., 1993. Parasite spectrum and seasonal epidemiology of gastrointestinal nematodes of small ruminants in The Gambia. *Veterinary Parasitology* 49, 271-283.
- Galicia, A.H.H., Mendoza, G.P., Salinas, S.D.O., López-Arellano, M.E., Liébano, H.E., López, A.U., Valladares-Cisneros, G., 2008. In Vitro Nematocidal Activity of Plant Extracts of Mexican Flora against *Haemonchus contortus* Fourth Larval Stage. *Animal Biodiversity and Emerging Diseases* 1149, 158-160.
- Gállego, B.J., 2006. *Manual de parasitología morfología y biología de los parásitos de interés sanitario*. UBe, España.
- Geerts, S., Gryseels, B., 2001. Anthelmintic resistance in human helminths: a review. *Tropical Medicine and International Health* 6, 915-921.
- Gill, H.S., 1991. Genetic control of acquired resistance to haemonchosis in merino lambs. *Parasite Immunology*, 617-628.
- Gómez, Q.J.M., Amaro, G.R., Preciado de la, T.J.F., Martínez, R.L., 1996. Marco de referencia para la caprinocultura de la Mixteca poblana, In: *Memorias, U. (Ed.), XI Reunión Nacional sobre Caprino-cultura*, Chapingo México.
- González, G.R., Mendoza, G.P., Glafiro, T.H., Becerril, P.C., Ortega, J.E., Hernández,

- M.O., 2005. In vitro predacious ability of *Duddingtonia flagrans* against gastrointestinal nematode larvae of hair sheep. *Técnica Pecuaria de México* 43, 405-414.
- González, J.L., López-Arellano, M.E., Olazaran-Jenkins, S., Liébano-Hernández, E., Mendoza de Gives, P., Vázquez-Prats, V., Vega-Murillo, V., Calderón, R., 2008. Phenotyping selection of resistance Pelibuey lambs to the main tropical nematode *Haemonchus contortus*: Preliminary study. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1149, 177-179.
- Gordon, H.M.L., 1953. The epidemiology of helminthosis in sheep in winter--rainfall regions of Australial. *Australian Veterinary Journal* 29, 337-348.
- Gray, G.D., 1987. Genetic resistance to haemonchosis in sheep. *Parásitology Today* 3, 253-255.
- Gray, G.D., 1997. The use of genetically resistant sheep to control nematode parasitism. *Veterinary Parasitology* 72, 345-366.
- Gray, G.D., Gill, H.S., 1993. Host genes, parasites and parasitic infections. *International Journal for Parasitology* 23, 485-194.
- Gruner, L., Berbigier, P., Cortet, J., Sauve, C., 1989. Effects of irrigation on appearance and survival of infective larvae of goat gastrointestinal nematodes in Guadeloupe (French West Indies). *International Journal for Parasitology* 19, 409-415.
- Gruner, L., Cortet, J., Sauve, C., Limouzin, C., Brunel, J.C., 2002. Evolution of a nematode community in grazing sheep selected for resistance and susceptibility to *Teladorsagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis*: a 4-year experiment. *Veterinary Parasitology* 109, 277-291.
- Granquist, S.M., Thorhallsdottir, A.G., Sigurjonsdottir, H., 2012. The effect of stallions on social interactions in domestic and semi feral harems. *Applied Animal Behaviour Science* 141, 49- 56.
- Guimarães, A.d.S., Guimarães, G.A.M., Carmo, F.B.d., Canabrava, G.G., Xavier, S.M., Silva, V.L.d., Beltrão, M.M., 2011. Management practices to control gastrointestinal parasites in dairy and beef goats in Minas Gerais; Brazil. *Veterinary Parasitology* 176, 265-269.

- Gulland, F.M.D., 1992. The role of nematode parasites in Soay sheep (*Ovis aries* L.) mortality during a population crash. *Parásitology* 105, 493-503.
- Haenlein, G.F.W., Abdellatif, M.A., 2004. Trends in small ruminant husbandry and nutrition and specific reference to Egypt. *Small Ruminant Research* 51, 185-200.
- Hatziminaoglou, Y., Boyazoglu, J., 2004. The goat in ancient civilisations: from the Fertile Crescent to the Aegean Sea. *Small Ruminant Research* 51, 123-129.
- Henrioud, N.A., 2011. Towards sustainable parasite control practices in livestock production with emphasis in Latin America. *Veterinary Parasitology* 180, 2-11.
- Herbert, I.V., 1982. Distribución geográfica de los principales parásitos de los rumiantes, VIII Jornadas Médico Veterinarias, Valdivia, Chile, pp. 5-38.
- Hernández, A.R., 2013. El sistema de producción y clasificación fenotípica de las cabras de la mixteca poblana, Desarrollo y gestión de sistemas ganaderos, Colegio de postgraduados, Puebla, pp. 1-66.
- Hernández, J.E., Franco, F.J., Villarreal, O.A., Camacho, J.C., Pedraza, R.M., 2011. Caracterización socioeconómica y productiva de unidades caprinas familiares en la mixteca poblana. *Archivos de Zootecnia* 60, 175-182.
- Hernández, Z.J.S., 2000. La caprinocultura en el marco de la ganadería poblana (México): contribución de la especie caprina y sistemas de producción. *Archivos de Zootecnia* 49 (187), 341-352.
- Hernández, Z.J.S., Rodero, E., Herrera, M., Delgado, J.V., Barba, C., Sierra, A., 2001. La caprinocultura en la mixteca poblana (México) descripción e identificación de factores limitantes. *Archivos de Zootecnia* 50, 231-239.
- Hoskin, S.O., Wilson, P.R., Barry, T.N., Charleston, W.A.G., Waghorn, G.C., 2000b. Effect of forage legumes containing condensed tannins on lungworm (*Dictyocaulus* sp.) and gastro-intestinal parasitism in young red deer (*Cervus elaphus*). *Research in Veterinary Science* 68, 223-230.
- Hoste, H., Sotiraki, S., Torres-Acosta, J.F.J., 2011. Control of endoparasitic nematode infections in goats. *Veterinary Clinic North America Food Animal Practice* 27, 163-173.
- Hoste, H., Chartier, C., Etter, E., Goudeau, C., Soubirac, F., Lefrileux, Y., 2000. A questionnaire survey on the practices adopted to control gastrointestinal

- nematode parasitism in dairy goat farms in France. *Veterinary Research Communications* 24, 459-469.
- Hoste, H., Sotiraki, S., Landau, S.-Y., Jackson, F., Beveridge, I., 2010. Goat–Nematode interactions: think differently. *Trends in Parasitology* 26, 376-381.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J.F., Paolini, V., Aguilar-Caballero, A., Etter, E., Lefrileux, Y., Chartier, C., Broqua, C., 2005. Interactions between nutrition and gastrointestinal infections with parasitic nematodes in goats. *Small Ruminant Research* 60, 141-151.
- Hudson, P.J., Dobson, A.P., Lafferty, K.D., 2006. Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends in Ecology and Evolution* 21, 381-385.
- Hutchings, M.R., Kyriazakis, I., Gordon, I.J., Jackson, F., 1999. Trade-offs between nutrient intake and faecal avoidance in herbivore foraging decisions: the effect of animal parasitic status, level of feeding motivation and sward nitrogen content. *Journal of Animal Ecology* 68, 310-323.
- Hutchings, M.R., Kyriazakis, I., Papachristou, T.G., Gordon, I.J., Jackson, F., 2000. The herbivores' dilemma: trade-offs between nutrition and parasitism in foraging decisions. *Oecologia* 124, 242-251.
- Idris, A., Moors, E., Sohnrey, B., Gauly, M., 2012. Gastrointestinal nematode infections in German sheep. *Parasitology Research* 110, 1453-1459.
- INEGI, 2010. *Perspectiva estadística 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía Puebla, 1-99.
- Iñiguez, L., 2004. Goats in resource-poor systems in the dry environments of West Asia, Central Asia and the Inter-Andean valleys. *Small Ruminant Research* 51, 137-144.
- Jackson, F., 1993. Anthelmintic resistance: the state of play. *British Veterinary Journal* 149, 123-138.
- Jackson, F., 2000. Options for the sustainable control of gastrointestinal nematode infections in goat production systems in Europe. *Proceedings of the Seventh International Conference on Goats*, Tours, France.
- Jackson, F., Coop, R.L., 2000. The development of anthelmintic resistance in sheep nematodes. *Parasitology* 120, 95–107.

- Jackson, F., Varady, M., Bartley, D.J., 2012. Managing anthelmintic resistance in goats- Can we learn lessons from sheep? *Small Ruminant Research* 103, 3-9
- Jara, D.M., 2001. Estudio de la eliminación de huevos y larvas de parásitos gastrointestinales y pulmonares en ovinos de una estancia en Magallanes, XII^a región de Chile, de septiembre de 1999 a enero del 2000., Instituto de Patología Animal, Universidad Austral de Chile, Chile, p. 40.
- Johnstone, C., 1998. Parásitos y enfermedades parasitarias de los animales domésticos; Nematodirus, In: Pennsylvania, U.o. (Ed.), <http://cal.vet.upenn.edu/projects/merialsp/index.html>, (Accesado el día 2 de Junio 2013) Pennsylvania.
- Kaplan, R.M., 2004. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology* 20, 477-481.
- Kassai, T., 2002. *Veterinary Helminthology*. Butterworth-Heinemann, Oxford and Boston.
- Kaufmann, J., 1996. *Parasitic Infections of Domestic Animals A Diagnostic Manual*. Base, Berlin.
- Kumar, S., Vihan, V.S., Deoghare, P.R., 2003. Economic implication of diseases in goats in India with reference to implementation of a health plan calendar. *Small Ruminant Research* 47, 159-164.
- Lanari, M.R., Taddeo, H., Domingo, E., Perez Centeno, M., Gallo, L., 2003. Phenotypic differentiation of exterior traits in local Criollo Goat population in Patagonia (Argentina). *Archiv fur Tierzucht* 46, 347-356.
- Lebbie, S.H.B., Ramsay, K., 1999. A perspective on conservation and management of small ruminant genetic resources in the sub- Saharan Africa. *Small Ruminant Research* 34, 231-247.
- Lefevre, P.C., Blancou, J., Chermette, R., 2003. *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail*. Lavoisier.
- Lefrileux, Y., Morand-Fehr, P., Pommaret, A., 2008. Capacity of high milk yielding goats for utilizing cultivated pasture. *Small Ruminant Research* 77, 113-126.
- Levine, N.D., 1963. Weather, climate and the bionomics of ruminants nematode larvae. *Advanced Veterinary Science* 8, 215-261.

- Liébano, H.E., 1999. Diferentes técnicas de coprocultivo para la obtención del estadio infectante de nematodos gastroentéricos de los rumiantes de México. CENAPA-PAVET, Cuernavaca, México.
- Liébano, H.E., 2010. Cultivo e identificación larvaria de nematodos del tracto gastroentéricos, In: Bautista, G.C.R. (Ed.), Diagnóstico de enfermedades parasitarias selectas de rumiantes, INIFAP, México, p. 239.
- Liébano, H.E., López, A.M.E., Mendoza, d.G.P., Aguilar, M.L., 2011. Manual de diagnóstico para la identificación de larvas de nematodos gastroentéricos en rumiantes. Grupo Garlong Impresores, Jiutepec, Morelos, México.
- Lilenbaum, W., Nunes-de-Souza, G., Ristow, P., Cortez, M.M., Fráguas, S., Da-Silva Cardoso, V., Roland, O.W.M., 2007. A serological study on *Brucella abortus*, caprine arthritis–encephalitis virus and *Leptospira* in dairy goats in Rio de Janeiro, Brazil. *The Veterinary Journal*, 408-412.
- López, A.M.E., Mendoza de Gives, P., Aguilar, M.L., Liébano, H.E., 2010. Buenas prácticas en el manejo de antihelmínticos para el control de parásitos en rumiantes. Grupo Garlong, Jiutepec, Morelos.
- Luong, L.T., Grear, D.A., Hudson, P.J., 2009. Male hosts are responsible for the transmission of a trophically transmitted parasite, *Pterygodermatites peromysci*, to the intermediate host in the absence of sex-biased infection. *International Journal for Parasitology* 39, 1263-1268.
- Macedo, R., Castellanos, Y., 2004. Rentabilidad de un sistema intensivo de reproducción ovino en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria* 8, 1-9.
- MAFF, 1977. Manual of veterinary parasitological laboratory techniques. Technical Bulletin 18, Her Majesty's Stationary, London, United Kingdom.
- Manfredia, M.T., Di Cerboa, A.R., Zanzania, S., Katia, S., 2010. Breeding management in goat farms of Lombardy, northern Italy: Risk factors connected to gastrointestinal parasites. *Small Ruminant Research* 88, 113–118.
- Mariante, A.S., Egito, A.A., 2002. Animal Genetic Resources in Brazil: result of five centuries of natural selection. *Theriogenology* 57, 233-235.
- Marsh, R., Campling, R.C., 1970. Fouling of pastures by dung. *Herbal Abstracts* 40, 123-130.

- Martín, B.M., Escribano, S.M., Mesías, D.F.J., Rodríguez de Ledesma, V.A., Pulido, G.F., 2001. Extensive system in animal production. *Archivos de Zootecnia* 50, 465-489.
- Martínez, F.A.R., Cordero del Campillo, M., 2001. El parasitismo y otras asociaciones biológicas. *Parásitos y hospedadores, Parasitología Veterinaria*, McGraw-Hill-Interamericana, España, pp. 39-48.
- Mason, I.L., 1984. *Evolution of Domesticated Animals*. Longman, London, United Kingdom.
- Mbuh, J.V., Ndamukong, K.J.N., Ntonifor, N., Nforlem, G.F., 2008. Parasites of sheep and goats and their prevalence in Bokova, a rural area of Buea Sub Division, Cameroon. *Veterinary Parasitology* 156, 350-352.
- Mellado, M., 1997. La cabra criolla en América Latina. *Veterinaria México* 28, 333-343.
- Michel, J.F., Lancaster, M.B., Hong, C., 1970. Observations on the inhibition of development of *Cooperia oncophora* in calves. *British Veterinary Journal* 126, 35-37.
- Morales, G.A., Pino, L., 1977. *Manual de diagnóstico helmintológico en rumiantes*. Caracas, Venezuela.
- Moreno-Gonzalo, J., Ferre, I., Celaya, R., Frutos, P., Ferreira, L.M.M., Hervás, G., García, U., Ortega-Mora, L.M., Osoro, K., 2012. Potential use of heather to control gastrointestinal nematodes in goats. *Small Ruminant Research* 103, 60-68.
- Morgan, E.R., Van-Dijk, J., 2012. Climate and the epidemiology of gastrointestinal nematode infections of sheep in Europe. *Veterinary Parasitology* 189, 8-14.
- Nagel, P., Warzinger, M., Iñiguez, L., Echeverría-Chairez, F., Flores-Nájera, M.J., Pinos-Rodríguez, J.M., Gómez-Ruiz, W.J., Zollitsch, W., 2008. Characterization of two goat production systems in the highlands of México, *Proceedings of the 9th International Conference on Goats*, International Goat Association, Queretaro, México.
- Nari, H.A., 2011. Towards sustainable parasite control practices in livestock production with emphasis in Latin America. *Veterinary Parasitology* 180, 2-11.
- Niezen, J.H., Charleston, W.A.G., Hodgson, J., McKay, A.D., Leathwick, D.M., 1996.

Controlling internal parasites in grazing ruminants without recourse to anthelmintics: approaches, experiences, prospects. *International Journal for Parasitology* 26, 983-992.

- Niezen, J.H., Waghorn, T.S., Charleston, W.A.G., Waghorn, G.C., 1995. Growth and gastrointestinal nematode parasitism in lambs grazing either Lucerne (*Medicago sativa*) or sulla (*Hedysarium coronarium*). which contains condensed tannins. *Journal of Agricultural Science* 125, 281-289.
- Niezen, J.H., Waghorn, T.S., Waghorn, G.C., Charleston, W.A.G., 1993. Internal parasites and lamb production-A role for plants containing condensed tannins. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 53, 235-238.
- Njau, B.C., 1987. Clinical diagnosis of orf outbreak in goats. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa* 35, 243-245.
- Norton, C.C., 1986. Coccidia of the domestic goat *Capra hircus*, with notes on *E. ovinoidalis* and *E. bakuensis* (Syn. *E. ovina*) from the sheep *Ovis aries*. *Parasitology* 92, 279-289.
- Nyange, J.F.C., Machange, G.A., 1983. Outbreak of pox in sheep and goats in Mbuguni Shambarai Area of Arusha Region, Tanzania. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa* 33, 59-61.
- O'Callaghan, M.G., 1988. Coccidia of domestic and feral goats in South Australia. *Veterinary Parasitology* 30, 267-272.
- Odo, B.I., 2003. Comparative study of some prevalent diseases of ecotype goats reared in south-eastern Nigeria. *Small Ruminant Research* 50, 203-207.
- Odoi, A., Gathuma, J.M., Gachuri, C.K., Omoro, A., 2007. Risk factors of gastrointestinal nematode parasite infections in small ruminants kept in smallholder mixed farms in Kenya. *BMC Veterinary Research* 3, 1-11.
- Onar, E., 1975. Observations on *Nematodirus abnormalis*: isolation, eggs and larvae, pre-parasitic development. *British Veterinary Journal*, 231-239.
- Papadopoulos, E., Arsenos, G., Sotiraki, S., Deligiannis, C., Lainas, T., Zygoyiannis, D., 2003. The epizootiology of gastrointestinal nematode parasites in Greek dairy breeds of sheep and goats. *Small Ruminant Research* 47 (3), 193-202.
- Papadopoulos, E., Arsenos, G., Coles, G.C., Himonas, C., 2007. Gastrointestinal

- nematode infection pattern of Greek dairy goats reared under extensive husbandry conditions and treated with anthelmintics at different times during the year. *Small Ruminant Research* 69, 68-73.
- Pariacote, F.A., 2000. Guided program of investigation to the development of the goat sector in Venezuela, In: Association, I.G. (Ed.), *Proceeding of the 7th International Conference on Goats*, Institut de l'Élevage and INRA France, pp. 915-917.
- Peacock, C., Sherman, D.M., 2010. Sustainable goat production —Some global perspectives. *Small Ruminant Research* 89, 70-80.
- Peacock, C., 1996. *Improving goat production in the tropics*. Oxfam/FARM-Africa, Africa.
- Penzhorn, B.L., Rognlie, M.C., Hall, L.L., Knapp, S.E., 1994. Enteric coccidia of Cashmere goats in southwestern Montana, USA. *Veterinary Parasitology* 55, 137-142.
- Peters, J., Helmer, D., Von den Drieschl, A., Saña, M., 1999. Early animal husbandry in the Northern Levant. *Paléorient* 25, 25-46.
- Pino, L.A., Sandoval, E., Morales, G., 1997. Estructura y composición de la comunidad de nematodos parásitos de caprinos en relación con la época de año. *Veterinaria Tropical* 22, 57-64.
- Posadas, M.E., Ballesteros, R.J., 2006. Programa estratégico de desparasitación de becerros lactantes en el trópico. *Rev. Entorno Ganadero* año 2 (17), 23-26.
- Quiroz, R.H., 1989. *Parásitología y enfermedades parasitarias de los animales domesticos*. Limusa, México, D. F.
- Rebollar-Rebollar, S., Henández-Martínez, J., Rojo-Rubio, R., Guzman-Soria, E., 2012. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agronomía Mesoamericana* 23, 159-165.
- Regassa, F., Sorri, T., Dhuguma, R., Kiros, Y., 2006. Epidemiology of gastro intestinal parasites of small ruminants in Western Oromia, Ethiopia. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine* 4.
- Rekib, A., Vihan, V.S., 1997. Economic losses in goat production due to diseases, *Proceedings of the Third National Seminar on Small Ruminant Diseases*,

- Central Institute for Research on Goats, Makhdoom, India, pp. 1-9.
- Rinaldi, L., Veneziano, V., Cringoli, G., 2007. Dairy goat production and the importance of gastrointestinal strongyle parasitism. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 101, 745-746.
- Rocha, C.A.C., Teixeira, M., Patrício, M.J., Gomes, L.C.W., 2012. *Eimeria* Species in Dairy Goats in Brazil. *Veterinary Parasitology* 183, 356-358.
- Rodríguez-Vivas, R.I., Cob-Galera, L.A., Domínguez-Alpizar, J.L., 2001. Frecuencia de parásitos gastrointestinales en animales domésticos diagnosticados en Yucatán, México. *Revista Biomédica* 12, 19-25.
- Rohde, K., 1979. A critical evaluation of intrinsic and extrinsic factors responsible for niche restriction in parasites. *American Naturalist* 114, 648-671.
- Royo, V.F.A., Gómez, B.M., 2001. *Ecología parasitaria, Parasitología Veterinaria*, McGraw-Hill-Interamericana, España, pp. 63-70.
- Rumhein, F.A., Sánchez, J., Requena, I., Blanco, Y., Devera, R., 2005. Parásitosis intestinales en escolares: relación entre su prevalencia en heces y en el lecho subungueal. *Revista Biomédica* 16, 227-237.
- Rumosa, G.F., Chimonyo, M., Dzama, K., 2009. Prevalence and loads of gastrointestinal parasites of goats in the communal areas of the Eastern Cape Province of South Africa. *Small Ruminant Research* 84, 132-134.
- Sangster, N., 1998. Internal parasites of sheep, In: Sidney, U.o. (Ed.), *Department of Veterinary Anatomy and Pathology*, <http://www.vetpath.usyd.edu.au/parasitology/lung/lung.htm> (Accesado el 15 mayo 2013), Sidney.
- Sani, R.A., Gray, G.D., 2004. Worm control for small ruminants in Southeast Asia, In: Sani, R.A., Gray, G.D., Baker, R.L. (Eds.), *Worm Control for Small Ruminants in Tropical Asia*, Australian Centre for International Agricultural Research, Asia, pp. 3-21.
- Serrano, O.M.L., Calderón, S.F., Vargas, L.S., Bustamante, G.A., Zaragoza, R.J.L., Cortés, D.E., 2010. Análisis del sistema de producción de cabras con fines lecheros en la región de Libres, Puebla, Colegio de postgraduados, Puebla, México.

- Seré, C., Steinfeld, H., 1996. World livestock production systems. Current Status, Issues and Trends. FAO Production and Health PAPER No. 127, pag. 98 Roma.
- Shoulsby, E., 1987. Parásitología y enfermedades parasitarias, México.
- SIAP, 2012a. Anuario Agropecuario, In: SIAP-OIEDRUS-SENASICA (Ed.), http://www.campomexicano.gob.mx/9B45D529-7463-43D7-BACE-1CA0DC5B3218/FinalDownload/DownloadId-A0BEF62147871966169AA45D6A1EF2C8/9B45D529-7463-43D7-BACE-1CA0DC5B3218/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Rastros/seccedoss.pdf, México.
- SIAP, 2012b. Servicio de información Agroalimentaria y pesquera, <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-distrital-pecuario/>, (Accesado el día 1 de febrero 2014), México.
- Silanikove, N., 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research* 35, 181-193.
- Silvestre, A., Chartier, C., Sauvé, C., Cabaret, J., 2000. Relationship between helminth species diversity, intensity of infection and breeding management in dairy goats. *Veterinary Parasitology* 94, 91-105.
- Sissay, M.M., Ugjala, A., Waller, P.J., 2007. Epidemiology and seasonal dynamics of gastrointestinal nematode infections of sheep in a semi-arid region of eastern Ethiopia. *Veterinary Parasitology* 143, 311-321.
- Stromberg, B., Averbeck, G., 1999. The role of parasite epidemiology in the management of grazing cattle. *International Journal for Parasitology* 29, 33-39.
- Stromberg, B.E., 1997. Environmental factors influencing transmission. *Veterinary Parasitology* 72, 247-264.
- Sutar, A.U., Kengar, S.B., Patil, S.S., Khan, M.R., 2010. Prevalence of Gastrointestinal Parasites in Goats of Ahmednagar district of Maharashtra. *Veterinary World* 3, 456-457.
- Sykes, A.R., 1994. Parasitism and production in farm animals. *Animal Production* 59, 155-172.
- Taylor, M.A., Coop, R.L., Wall, R.L., 2007. *Veterinary Parasitology*, Iowa.
- Thamsborgh, M.S., Roepstorff, A., Larsen, M., 1999. Integrated and biological control of

- parasites in organic and conventional production systems. *Veterinary Parasitology* 84, 169-186.
- Torina, A., Dara, S., Marino, A.M.F., Sparagano, O.A.E., Vitale, F., Reale, S., Caracappa, S., 2004. Study of gastrointestinal nematodes in sicilian sheep and goats. *The New York Academy of Sciences* 1026.
- Torres-Acosta, J.F., Rodríguez-Vivas, R.I., Cámara-Sarmiento, R., 1995. Efecto del parto sobre la eliminación de huevos de nematodos y ooquistes de *Eimeria* en cabras criollas. *Revista Biomédica* 6, 208-215.
- Torres-Acosta, J.F.J., Molento, M., Mendoza, d.G.P., 2012. Research and implementation of novel approaches for the control of nematode parasites in Latin America and the Caribbean: Is there sufficient incentive for a greater extension effort? *Veterinary Parasitology* 186, 132-142.
- Trapani, F., Paciello, O., Papparella, S., Rinaldi, L., Cringoli, G., Maiolino, P., 2013. Histopathological, histochemical and immunohistochemical findings of the small intestine in goats naturally infected by *Trichostrongylus colubriformis*. *Veterinary Parasitology* 191, 330-393.
- Trujillo, O.C.X., 2012. El cruzamiento de la cabra criolla para carne con razas mejoradas en la mixteca poblana, México, Recursos genéticos y productividad-ganadería, Colegio de postgraduados, Texcoco, Estado de México, pp. 1-43.
- Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, A.M., Jennings, F.W., 1996. *Veterinary Parasitology*. Blackwell Science, Oxford, United Kingdom.
- Van Houtert, M.F.J., Sykes, A.R., 1996. Implications of nutrition for the ability to withstand gastrointestinal nematode infections. *International Journal for Parasitology* 26, 1151-1168.
- Van Wyk, J.A., 2001. Refugia - overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 68, 55-67.
- Van Wyk, J.A., Stenson, M.O., Van der Merwe, J.S., Vorster, R.J., Viljoen, P.G., 1999. Anthelmintic resistance in South Africa: surveys indicate an extremely serious situation in sheep and goat farming. *Onderstepoort Journal Veterinary Research* 66, 273-284.

- Vanderstichel, R., Dohoo, I., Sanchez, J., Conbo, G., 2012. Effects of farm management practices and environmental factors on bulk tank milk antibodies against gastrointestinal nematodes in dairy farms across Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 104, 53-64.
- Vargas, S., Larbi, A., Sánchez, M., 2007. Analysis of size and conformation of native Creole goat breeds and crossbreds used in smallholder agrosilvopastoral system in Puebla, México. *Tropical Animal Health and Production* 34, 279-286.
- Vásquez, Y., Morales, G., Pino, A., Moreno, L., Combellas, J., 2001. Cronobiología de la emisión de huevos de estróngilos digestivos en ovinos infectados en condiciones naturales. *Zootecnia Tropical* 19, 279-287.
- Vázquez-Prats, V.M., Bautista, G.C.R., 2010. Necropsia e identificación de helmintos del tracto gastrointestinal, In: Bautista, G.C.R. (Ed.), *Diagnóstico de enfermedades parasitarias selectas de rumiantes*, INIFAP, México D. F., p. 236.
- Vázquez, M.I., Vargas, L.S., Zaragoza, R.J.L., Bustamante, G.Á., Calderón-Sánchez, F., Rojas, Á.J., Casiano, V.M.Á., 2009. Tipología de explotaciones ovinas en la sierra norte del estado de Puebla. *Técnica pecuaria en México* 47, 357-370.
- Vázquez, P.V.M., 2004. Características epidemiológicas de los nematodos gastroentéricos de los rumiantes, *Diagnostico y control de nematodos gastrointestinales de los rumiantes en México*, CENID-PAVET, Jiutepec, Morelos, México, pp. 1-11.
- Vega, F., 1971. Estudio de la eficacia de algunos antihelmínticos y prospección del parasitismo gastrointestinal ovino en una zona de la provincia de Magallanes, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Vercruysse, J., 1982. The coccidia of sheep and goats in Senegal. *Veterinary Parasitology* 10, 297-306.
- Vignau, M.L., Venturini, L.M., Romero, J.R., Eiras, D.F., Basso, W.U., 2005. *Parásitología práctica y modelos de enfermedades parasitarias en los animales domésticos*. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires.
- Waghorn, G., 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* 147, 116-139.

- Wakelin, D., 1989. Nature and Nurture: Overcoming constraints on immunity. *Parásitology* 99, S21-S35.
- Waller, P.J., 1999. International approaches to the concept of integrated control of nematode parasites of livestock. *International Journal for Parasitology* 29, 155-164.
- Waller, P.J., Echevarria, F., Eddi, C., Maciel, S., Nari, A., Hansen, J.W., 1996. The prevalence of anthelmintic resistance in nematode parasites of sheep in Southern Latin America: general overview. *Veterinary Parasitology*, 181-187.
- Waruiru, R.M., 1997. Efficacy of closantel, albendazole and levamisole on an ivermectin resistant strain of *Haemonchus contortus* in sheep. *Veterinary Parasitology* 73, 65-71.
- William, R.J., Katherine, D.B., 2006. Ruminant Coccidiosis. *Veterinary Clinics Food Animal* 22, 613-621.
- Woolaston, R.R., Baker, R.L., 1996. Prospects of breeding small ruminants for resistance to internal parasites. *International Journal for Parasitology* 26, 845-855.
- Yilma, J.M., Malone, J.B., 1998. A geographic information system forecast model for strategic control of fasciolosis in Ethiopia. *Veterinary Parasitology* 78, 103-127.
- Zafar, I., Kamran, A.M., Muhammad, N.K., 2002. Anthelmintic Effects of Condensed Tannins. *International Journal of Agriculture & Biology* 4, 438-440.
- Zeder, M., Hesse, B., 2000. The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science* 287, 2254-2257.