

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**Control de nematodos gastrointestinales utilizando closantel en
cabras de doble propósito en pastoreo extensivo en Saltillo,
Coahuila, México**

POR:

ANDRÉS SANTOS ESPEJO CARRILLO

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**Control de nematodos gastrointestinales utilizando closantel en
cabras de doble propósito en pastoreo extensivo en Saltillo,
Coahuila, México**

POR:

ANDRÉS SANTOS ESPEJO CARRILLO

TESIS

**Que somete a la consideración del H. jurado examinador como
requisito para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dr. Fernando Ruiz Zárate

Asesor principal


Dra. Raquel Olivas Salazar

Co-Asesor


Dr. Joel Ventura Ríos


M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila México, Noviembre 2025

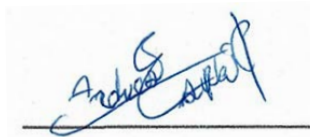


DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo; jurando bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.



Pasante

Andrés Santos Espejo Carrillo

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por permitirme llegar a esta gran etapa de mi vida, a pesar de todos los altibajos y obstáculos que se presentaron a lo largo del paso por esta gran institución universitaria, así como el brindarme la oportunidad de mantener la voluntad de seguir adelante, crecer, brindarme protección, fe y permitirme estar rodeado de personas que a lo largo del trayecto me llenaron de grata felicidad y experiencia.

A mis padres: Por ser mis guías, mis héroes, mi razón de vivir y existir, pero principalmente por ser mi gran amor y mayor inspiración en la vida, me quedan cortas las palabras para agradecerles y reconocer su apoyo incondicional, sus enseñanzas, sus regaños y sacrificios; ¡esto es para y por ustedes, pues sin ustedes el cúmulo de esta gran etapa no hubiera sido posible, siempre estaré agradecido!

A mis hermanas: Por ser una gran motivación y aliento, al no permitir que me rindiera ni derrumbara, pues me impulsaron a seguir con mis sueños y metas a pesar de que tan complicados fuesen. Mientras mi hermana Nohemí me brindaba fortaleza y apoyo, mi hermana Sandra siempre estuvo allí para brindarme tranquilidad y esperanza, a pesar de la distancia.

A mis sobrinas: Por ser la luz de mi vida detrás de cada tropiezo, siempre supieron como alegrar mi día, solo bastaba una sonrisa o una pequeña risa para llenarme de alegría e impulso para continuar.

A mi cuñado: Por ser un gran ejemplo para toda la familia, en especial para mí, pues siempre supiste que decir para hacer lo correcto, muchas veces fuiste mi calma ante la tempestad y sobre cualquier problema. Por eso y más agradezco todo tu apoyo y todo lo que has hecho para que pudiese llegar hasta este momento.

A mi alma mater: Por permitirme formar parte de una institución reconocida a nivel nacional e internacional y acogerme bajo la enseñanza de maestros llenos de sabiduría, experiencia y conocimiento, que permitieron desenvolverse bajo un área tanto profesional como personal.

Al Dr. Fernando Ruiz Zarate: Por permitirme desarrollar este proyecto de investigación, compartiéndome su apoyo incondicional, experiencia, conocimientos y sabiduría; así como agradezco fuera el quien creyera y confiara abiertamente en mí, así como su manera de alentarme a terminar lo que comencé desde inicio a final.

A la Dra. Raquel Olivas Salazar: Por brindarme su tiempo, confianza, amabilidad, experiencia en campo y laboratorio; además de ser un pilar esencial para el desarrollo de esta investigación.

A mi Co-Asesor: Dr. Joel Ventura Ríos por su paciencia, orientación y confianza delante de retos como este.

Al Dr. Ramiro López Trujillo (retirado de las actividades académicas): por su apoyo en el análisis estadístico del presente estudio.

Al sr. Gustavo Encinas, propietario del rebaño de caprinos, donde se llevó a cabo el presente estudio, por permitir tomar muestras y realizar tratamientos a los animales con fines de investigación.

A mis amigos: Ady Hernández Pedraza, Leseem Itiel Jonguitud y Nayeli Paz Espinoza, por estar conmigo en los momentos de estrés y alegría durante esta larga y retadora travesía, su apoyo, confianza y motivación fueron vitales.

DEDICATORIA

A mis padres:

Rogelio Espejo Benítez y Carmen Nohemí Carrillo Sillar

Por permitir y brindarme la oportunidad de desarrollarme como profesionista, concluir mi estancia universitaria y siempre darme todo su apoyo sin importar que, por estar conmigo en las adversidades sin importar la distancia y el siempre brindarme todo su amor.

A mis hermanas:

Nohemí Estefani Espejo Carrillo

Por ser mi confidente, impulsarme a hacer lo que me gusta y siempre recordarme lo importante que es ser perseverante en todos los sentidos.

Sandra Elizabeth Espejo Carrillo

Por ser mi refugio y fortaleza, cada momento que he compartido contigo ha sido la motivación que necesitaba para llegar hasta aquí.

A mi cuñado:

Gustavo Hernández Pérez

Por impulsarme a alcanzar mis sueños sin importar cuanto tiempo conlleve, por creer en mí e impulsarme a ser mejor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	RESUMEN.....	1
II.	ABSTRACT.....	2
III.	INTRODUCCIÓN.....	3
3.1.	Objetivos.....	4
3.1.1.	Objetivo general.....	4
3.1.2.	Objetivos específicos.....	4
3.1.3.	Hipótesis.....	5
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1.	Generalidades de la caprinocultura.....	6
4.2.	Importancia de la especie caprina a nivel nacional y en el estado de Coahuila.....	6
4.3.	Nematodos gastrointestinales (NGI).....	8
4.4.	NGI más importantes en caprinos.....	8
4.5.	Características de las nematodiasis gastrointestinales.....	10
4.6.	Ciclo biológico de los NGI.....	10
4.7.	Diagnóstico de los NGI.....	12
4.8.	Prevalencia.....	13
4.9.	Tratamiento y prevención.....	14
4.10.	Inmunidad.....	15
4.11.	Tipos de inmunidad.....	15
4.12.	Uso de antihelmínticos o drogas sintéticas.....	16
4.13.	Efecto y efectividad del closantel en pequeños rumiantes.....	17
4.14.	Resistencia antihelmíntica.....	17
4.15.	Métodos alternativos para el control de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes.....	20
4.15.1.	Desparasitación selectiva.....	20
4.15.2.	Manejo del pastoreo.....	20

4.15.3.	Uso de plantas con actividad antihelmíntica	22
4.15.4.	Uso de agujas de cobre.....	22
4.15.5.	Resistencia genética	22
4.15.6.	Estrategia nutricional basada en una dieta proteica.....	23
4.15.7.	Vacunación.....	25
4.15.8.	Control biológico.....	25
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
5.1.	Periodo experimental y localidad	26
5.2.	Ubicación	26
5.3.	Vegetación	27
5.4.	Clima.....	27
5.5.	Diseño del experimento	28
5.6.	Manejo de los animales y tratamientos.....	28
5.7.	Muestreos	29
5.8.	Conteo de huevos de nematodos gastrointestinales	29
5.9.	Condición corporal (CC)	30
5.10.	FAMACHA©.....	32
5.11.	HEMATOCRITO.....	33
5.12.	PESO VIVO.....	33
5.13.	Materiales empleados para los muestreos	34
5.13.1.	Procedimiento para el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales.....	35
5.14.	Análisis estadístico.....	36
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
VII.	CONCLUSIÓN.....	47
VIII.	LITERATURA CITADA	48
IX.	CONSULTAS EN PÁGINAS WEB.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Las principales especies de helmintos que se encuentran en el tracto digestivo y el hígado de los rumiantes.	9
Cuadro 2. Resistencia de los parásitos a los antihelmínticos.	19
Cuadro 3. Asignación del índice de condición corporal (CC) de acuerdo con Ghosh <i>et al.</i> (2019).	31
Cuadro 4. Efecto del closantel en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo, en Agua Nueva, Coahuila.	37
Cuadro 5. Media de mínimos cuadrados y significancia, del efecto del closantel en el número de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo, en Agua Nueva, Coahuila.	41
Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Pearson en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo tratadas con closantel y sin closantel, en Agua Nueva, Coahuila.	42
Cuadro 7. Coeficientes de correlación de Pearson y significancia entre variables en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo tratadas con closantel, en Agua Nueva, Coahuila.	44
Cuadro 8. Estadísticos descriptivos de las variables fisiológicas en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo tratadas con closantel, en Agua Nueva, Coahuila.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biológico de <i>Haemonchus contortus</i> (Bautista y Aguilar, 2022).	12
Figura 2. Manejo integrado de parásitos en pequeños rumiantes (Ortiz <i>et al.</i> , 2002).	14
Figura 3. Representación esquemática de las necesidades nutricionales adicionales y su déficit asociado con las infecciones por NGI (Hoste <i>et al.</i> , 2016).	24
Figura 4. Ubicación del área de estudio.	26
Figura 5. Carta apoyo para la técnica FAMACHA©-Guía de anemia (Página web 9).	32
Figura 6. Tendencia del número de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo, en Agua Nueva, Coahuila.....	39

I. RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia del antihelmíntico closantel en la reducción de la carga parasitaria por nematodos gastrointestinales (NGI) en cabras bajo condiciones de libre pastoreo. Para ello, se utilizó el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) y se analizaron variables hematológicas asociadas al estado de salud de los animales. El experimento se desarrolló durante 84 días, en el ejido Agua Nueva, municipio de Saltillo, Coahuila, empleando 30 cabras divididas en dos grupos: un grupo control (n=15) y un grupo experimental (n=15) tratado con closantel, con una dosis administrada vía subcutánea de 5 mg/kg de peso vivo (PV). Los resultados mostraron una disminución significativa ($p < 0.05$) en el conteo de HPG a partir del día 10 postratamiento, el día 28 mostró los menores conteos y en general se mantuvieron cargas parasitarias bajas hasta el final del periodo experimental. Asimismo, se observó una mejora significativa ($p < 0.05$) en los valores de hematocrito en el grupo experimental. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en la condición corporal (CC), el peso vivo ni en la escala FAMACHA®. Estos hallazgos respaldan el uso del closantel como una alternativa eficaz para el control de NGI en caprinos, particularmente en contextos de producción extensiva.

Palabras clave: Caprinos, Closantel, NGI, Hematocrito, PV, CC, FAMACHA®, HPG.

II. ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the efficacy of the anthelmintic closantel in reducing the gastrointestinal nematode (GIN) parasite load in free grazing goats. For this purpose, fecal egg count (FEC) was used, and hematological variables associated with the animals' health status were analyzed. The experiment was conducted over 84 days in the Agua Nueva community, Saltillo municipality, Coahuila, using 30 goats divided into two groups: a control group (n=15) and an experimental group (n=15) treated with closantel, with a dose administered subcutaneously at 5 mg/kg of body weight (BW). The results showed a significant decrease ($p < 0.05$) in FEC from day 10 post-treatment, with the lowest counts observed on day 28, and overall low parasite loads were maintained until the end of the experimental period. Likewise, a significant improvement ($p < 0.05$) was observed in hematocrit values in the experimental group. No statistically significant differences ($p > 0.05$) were found in body condition score (BCS), live weight, or the FAMACHA© score. These findings support the use of closantel as an effective alternative for the control of gastrointestinal nematodes (GIN) in goats, particularly in extensive production settings.

Keywords: Goats, Closantel, GIN, Hematocrit, BW, BSC, FAMACHA, FEC.

III. INTRODUCCIÓN

La producción caprina representa una actividad agropecuaria de gran relevancia a nivel mundial, no solo por su contribución a la seguridad alimentaria mediante el suministro de carne, leche y pieles, sino también por su papel económico en regiones con condiciones agroclimáticas limitadas. En países como México, y particularmente en zonas áridas y semiáridas como lo es el estado de Coahuila, la cría de caprinos constituye una fuente esencial de ingresos para familias rurales y pequeños productores, generalmente de escasos recursos, con áreas de producción a pequeña escala, que juegan un papel dentro de la competitividad agropecuaria.

Dentro de los múltiples desafíos que enfrenta esta actividad, las enfermedades parasitarias internas, y en particular las ocasionadas por nematodos gastrointestinales (NGI), representan uno de los problemas sanitarios más importantes, tanto desde el punto de vista biológico como el sanitario y económico. Estos parásitos afectan a los animales como hospedadores del tracto digestivo, provocando cuadros clínicos que van desde anemia, pérdida de peso y diarrea, hasta estados subclínicos crónicos que deterioran progresivamente la condición corporal del ganado. De allí que su impacto sea relevante para producción, dado que se manifiesta una disminución del crecimiento, reducción de la eficiencia reproductiva y aumento en los costos de tratamiento y manejo.

El ciclo biológico de los NGI, que no requiere hospedadores intermedios, favorece su persistencia en sistemas extensivos de pastoreo, donde las condiciones ambientales pueden favorecer su diseminación o desarrollo. Además, factores como la edad, el estado nutricional, la calidad del forraje y el manejo en granja, influyen significativamente en la severidad de las infecciones. La alta prevalencia de estos parásitos en rebaños caprinos, sumada a su capacidad para desarrollar resistencia a los antihelmínticos convencionales, como los benzimidazoles y el closantel, refuerza

la necesidad de establecer medidas y métodos para el control eficaz y sostenible de este tipo de medicamentos.

Por estas razones, el control de los NGI no solo es fundamental para preservar la salud y el bienestar de los animales, sino también para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad de la caprinocultura, tanto a nivel mundial como a nivel nacional. Fomentando una estrategia integral de manejo que combine prácticas farmacológicas, nutricionales, genéticas y ecológicas es indispensable para mitigar las pérdidas económicas, reducir las cargas parasitarias y evitar la expansión y evolución de posibles cepas resistentes.

3.1. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

- Evaluar la eficacia del closantel en el control de nematodos gastrointestinales (NGI) en cabras manejadas bajo condiciones de pastoreo extensivo.

3.1.2. Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto del closantel sobre el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras en pastoreo extensivo.
- Evaluar el impacto del closantel sobre el peso vivo (PV) de cabras mantenidas en condiciones de pastoreo extensivo.
- Estimar la influencia del closantel en los valores de hematocrito como indicador del paquete celular sanguíneo en cabras en pastoreo extensivo.
- Analizar el efecto del closantel sobre la condición corporal (CC) de cabras en pastoreo extensivo.
- Determinar las variaciones en la escala FAMACHA© tras la administración de closantel en cabras bajo pastoreo extensivo.

3.1.3. Hipótesis

- La administración de closantel reducirá significativamente la carga de huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales en cabras bajo pastoreo extensivo y, de manera paralela, mejorará los valores de peso vivo (PV), hematocrito, condición corporal (CC) y FAMACHA©.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades de la caprinocultura

Los datos de FAOSTAT (2022) muestran que las cabras son una de las poblaciones de ganado más grandes y de más rápido crecimiento en la Tierra. En el año 2020, se registró que la población mundial fue de aproximadamente de 1128 millones de cabezas. Concentrándose la mayor parte en Asia (51,4%) y África (43,390) y solo el 3,5% de las cabras se encontraban en América, el 1,4% en Europa y el 0,4% en Oceanía. Aunado a ello, la FAO (2011) sostiene que las cabras desempeñarán un papel fundamental para satisfacer la creciente demanda de alimentos. Estimando que el consumo de carne de oveja y cabra aumentaría un 88% a nivel mundial entre el año 2000 y el 2030.

Es importante destacar que la producción caprina se practica de forma extensiva en muchas partes del mundo, y la alimentación básica proviene del pastizal natural (arbustos y montes y/o la combinación de estas comunidades vegetales), donde la vegetación forrajera presenta una gran variación, no sólo regional en cuanto a cantidad y calidad, sino también local y aún dentro del mismo terreno (Gioffredo y Petryna, 2010).

4.2. Importancia de la especie caprina a nivel nacional y en el estado de Coahuila

A nivel Latinoamérica, México se posiciona como uno de los principales países con el mayor inventario de caprinos, después de Brasil, contando con alrededor de 9 millones de cabezas, de acuerdo con el registro del Servicio de Información

Agroalimentaria y Pesquera (SIAP y SAGARPA, 2015). Llegando a tener una producción nacional en canal de más de 77 mil toneladas que se destinan para su venta y consumo; y una producción de más de 160 mil litros de leche destinados a la industria de lácteos y confitería (SADER, 2017).

Datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera precisan que en 2023 la producción nacional de leche de cabra fue de 169 millones 204 mil litros (0.38 por ciento más que en 2022) y el volumen de carne en canal de 41 mil 034 toneladas (0.53 por ciento más respecto al año previo) SADER (2024).

Dentro de los parámetros nacionales, el estado de Puebla se posiciona como uno de los principales estados en cuanto a producción de caprinos, llegando a contar con un total de 1, 120,443 cabezas en el año 2023. Mientras que, el estado de Coahuila de Zaragoza, se puede encontrar dentro de las 10 principales entidades federativas con una alta población ganadera, siendo la 5ta más importante del país (SADER, 2023).

El estado de Coahuila es una región que se integra esencialmente por zonas áridas y semiáridas que cuentan con escasos recursos para la producción silvoagropecuaria, por lo que la producción caprina representa un ingreso económico y financieramente viable para la sostenibilidad de familias y pequeños productores (Barrera *et al.*, 2018).

La ganadería enfrenta problemas como: la alimentación, el cambio climático, la comercialización de los productos, la mano de obra, la salud y bienestar animal. En este punto, se incluyen las enfermedades, su prevención y control, Las parasitosis internas y externas son problemas biológicos y económicos muy importantes en

cualquier unidad de producción pecuaria, tal es el caso de las enfermedades por nematodos gastrointestinales (Ploeger y Everts, 2018).

4.3. Nematodos gastrointestinales (NGI)

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son gusanos cilíndricos que habitan el tracto digestivo de rumiantes y son considerados como parásitos de gran importancia en la industria ganadera principalmente en sistemas extensivos, tanto de climas tropicales como templados (Craig, 2018).

Estos parásitos se presentan generalmente de manera simultánea provocando un cuadro clínico con mayor o menor grado de severidad, dependiendo en gran medida de la edad y del estado nutricional de los animales (Schallig, 2000).

Por otro lado, estos parásitos producen una enfermedad conocida como nematodosis gastrointestinal, la cual se define como una enfermedad parasitaria crónica, enzoótica, que puede provocar una elevada morbilidad y baja mortalidad. Como enfermedad zootécnica, es el resultado de pérdidas en la producción, provocando descensos de los índices de transformación, retraso en el crecimiento y disminución de la capacidad reproductiva (Habela *et al.*, 2002).

4.4. NGI más importantes en caprinos

De acuerdo con Zapata *et al.* (2016), los principales nematodos que afectan a caprinos y ovinos son *Haemonchus contortus*, *Cooperia sp.*, *Teladorsagia (Ostertagia) circumcincta*, *Trichostrongylus sp* y *Oesophagostomum sp.* (Hoste *et al.*, 2010)

clasifico distintas especies de parásitos, en los diversos segmentos del tracto digestivo como se puede observar en el cuadro 1:

Cuadro 1. Las principales especies de helmintos que se encuentran en el tracto digestivo y el hígado de los rumiantes.

	Ganado vacuno	Ovejas	Cabras
Rumen	<i>Calicophoron calicophora</i> ^a	<i>C. calicophoro</i> ^a	<i>C. calicophoron</i> ^a
Abomaso	<i>Haemonchus placei</i> ^b <i>Ostertagia ostertag</i> ^b <i>Trichostrongylus axei</i> ^b	<i>Calicophoron daubneyi</i> ^a <i>Haemonchus contortus</i> ^b <i>Teladorsagia circumcincta</i> ^b <i>T. axei</i> ^b	<i>C. daubneyi</i> ^a <i>H. contortus</i> ^b <i>T. circumcincta</i> ^b <i>T. axei</i> ^b
Intestino delgado	<i>Trichostrongylus colubriformis</i> ^b <i>Cooperia oncophor</i> ^b <i>Nematodirus helvetianus</i> ^b <i>Moniezia benedi</i> , <i>Moniezia expans</i> ^c	<i>T. vitrinus</i> , <i>T. colubriformis</i> ^b <i>Cooperia curticei</i> ^b <i>Nematodirus battus</i> , <i>Nematodirus fillicolis</i> , <i>Nematodirus spathiger</i> ^b <i>M. expansa</i> ^c	<i>T. capricola</i> , <i>T. colubriformis</i> ^b <i>N. fillicolis</i> ^b <i>N. battus</i> , <i>N. spathiger</i> ^b <i>M. expansa</i> ^c
Intestino grueso	<i>Oesophagotomum radiatu</i> ^b <i>Chabertia ovin</i> ^b	<i>Oesophagotomum venulosum</i> , <i>Oesophagotomum columbianum</i> ^b <i>C. ovina</i> ^b	<i>O. columbianum</i> , <i>O. venulosum</i> ^b <i>C. ovina</i> ^b
Hígado	<i>Fasciola hepática</i> ^a <i>Dicrocoelium dendriticu</i> ^a <i>Echinococcus granulosu</i> ^c	<i>F. hepatica</i> , <i>D. dendriticum</i> ^a <i>E. granulosu</i> , <i>Taenia hydatigena</i> (<i>Cysticercus tenuicollis</i>) ^c	<i>F. hepatica</i> ^a <i>D. dendriticum</i> ^a <i>E. granulosu</i> ^c <i>T. hydatigena</i> (<i>C. tenuicollis</i>) ^c

Trematodos^a

Nematodos^b

Cestodos^c

Fuente: (Hoste et al., 2010).

4.5. Características de las nematodiasis gastrointestinales

Las infecciones parasitarias causadas por NGI tienen como consecuencia un impacto negativo sobre la producción y reproducción de los caprinos, lo que representa altos costos de tratamiento y en casos más graves la muerte del hospedador (Strydom *et al.*, 2023).

En el caso de las hembras los NGI afectan gravemente la funcionalidad y desarrollo del sistema reproductivo, provocando que el apareamiento se retrase hasta los 15-18 meses de edad, implicando el retraso de entre el 60%-70% de las hembras aptas para la reproducción (Loyacano *et al.*, 2002).

Las infecciones causadas por los NGI e incluso coccidios están estrechamente relacionados con la mala gestión en granja, ingestión de alimentos y agua contaminados, las deficiencias nutricionales, la edad de las cabras y los factores climáticos (Gwaze *et al.*, 2009).

Debido a ello, los nematodos representan considerables pérdidas para la ganadería mundial, lo que implica que México cuente con pérdidas anuales de aproximadamente US \$256 millones (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017).

4.6. Ciclo biológico de los NGI

Los nematodos tienen un ciclo biológico de tipo monoxeno, lo que quiere decir que, no requieren de hospederos intermediarios; para llevarse a cabo el ciclo, es necesario que se cumplan las siguientes etapas: huevo morulado (1), huevo

embrionado (2), larva en primer estadio (3), larva en segundo estadio (4), y larva en tercer estadio o infectante (5) (López *et al.*, 2023).

Esto quiere decir que, en la primera etapa del ciclo, los machos adultos maduros copulan con las hembras adultas en el abomaso o los intestinos del hospedador, estas últimas producen huevos que se eliminan al medio ambiente mediante las heces. El desarrollo se produce dentro de la masa fecal, lo que proporciona cierta protección contra las condiciones ambientales. Posteriormente, se forma la larva de primer estadio que sale al eclosionar el huevo. Después de la eclosión, las larvas (L1) se alimentan de bacterias y se someten a dos mudas para alcanzar el tercer estadio larvario infectivo (L3). Las larvas de la tercera fase se desplazan fuera del material fecal hacia el forraje, donde son ingeridas por ovejas y cabras. (Levine, 1980). Luego de ser ingeridas, las larvas infectantes penetran la mucosa gastrointestinal, ahí sufren una última ecdisis a larvas de cuarto estadio (L4), dentro de la mucosa del abomaso o intestino delgado, según sea la especie (Besier *et al.*, 2016; Bautista y Aguilar, 2022). Esta dinámica se representa en la Figura 1.

El desarrollo de los parásitos gastrointestinales está influenciado por múltiples factores, siendo el clima uno de los más determinantes. Las larvas en su fase infectante (L3) exhiben un comportamiento de desplazamiento errático, moviéndose en diferentes direcciones, incluso hacia la vegetación adyacente a las heces. Para sobrevivir en los pastizales, estas larvas dependen de niveles adecuados de humedad ambiental. Sin embargo, durante periodos de baja precipitación, las poblaciones de nematodos gastrointestinales suelen disminuir de forma considerable, debido a las condiciones ambientales desfavorables (Bautista *et al.*, 2022).

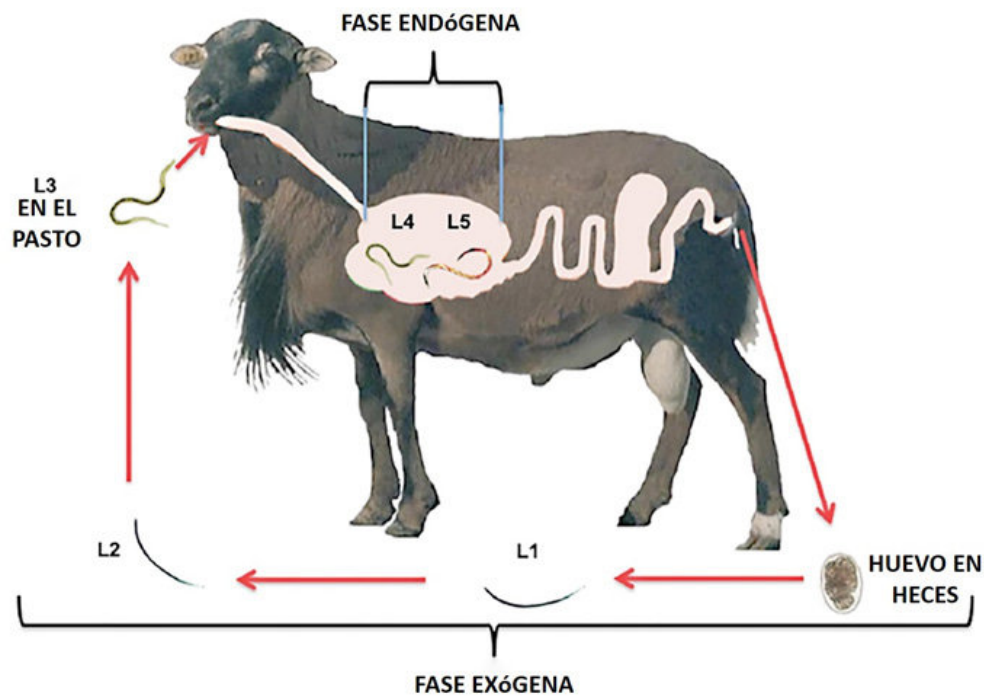


Figura 1. Ciclo biológico de *Haemonchus contortus* (Bautista y Aguilar, 2022).

4.7. Diagnóstico de los NGI

Los signos clínicos que se presentan en un cuadro de nematodiasis gastrointestinal en pequeños rumiantes normalmente son la anemia, una disminución de la ganancia de peso, mucosas y conjuntivas de un tono pálido, la disminución del apetito y la desnutrición variable; además en el caso de especies de nematodos como *T. colubriformis* la diarrea puede llegar a formar parte de las sintomatologías, el crecimiento pobre o retardado, pelo hirsuto y debilidad también forman parte de los signos en los animales infectados (Aguilar-Caballero *et al.*, 2011).

En el caso de pequeños rumiantes adultos, la mayoría es susceptible a presentar un cuadro subclínico; donde generalmente los casos se vuelven crónicos, llegando a presentar una pérdida de la condición corporal con pérdidas de peso inadvertida, descenso en los valores de hematocrito (15-25%), el edema facial puede

presentarse o no, al igual que la diarrea intermitente, emaciación e inapetencia; y en otras ocasiones la muerte (Aguilar-Caballero *et al.*, 2011).

4.8. Prevalencia

En un estudio epidemiológico de parasitismo realizado en la isla de Nueva Guinea se obtuvieron resultados relacionados con la presencia de 11 especies de helmintos mencionados de acuerdo a su orden de prevalencia: *Haemonchus contortus* (94%), *Trichostrongylus colubriformis* (84%), *Oesophagostomum columbianum* (75%), *Cysticercus tenuicollis* (71%), *Trichostrongylus axei* (70%), *Cooperia sp.* (55%), *Trichuris ovis* (55%), *Moniezia sp.* (39%), *Gaigeria pachyscelis* (39%), *Strongyloides papillosus* (25%) y *Paramphistomum sp.* (12%); observándose rangos de infestación con variaciones estacionales, siendo la temporada de lluvia la época con un mayor pico de intensidad parasitaria y de excreción de huevos. Mencionándose que animales de más de 30 meses y animales lactantes muestran cargas parasitarias mayores (Barry *et al.*, 2002).

En el caso de México diversos estudios han identificado a *Cooperia spp* como uno de los parásitos más persistentes en la materia fecal de cabras llegando a tener una prevalencia de hasta el 80% (Robi *et al.*, 2023).

De acuerdo con Lanusse *et al.* (2009), utilizando el recuento de nematodos en heces (FEC) se pueden evaluar los coprocultivos e identificar los huevos observados durante los exámenes fecales; para de esta manera poder determinar su prevalencia en porcentaje, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\%Prevalencia = \frac{\text{número de animales parasitados}}{\text{número de animales muestreados}} \times 100$$

4.9. Tratamiento y prevención

Entre las estrategias utilizadas para el tratamiento y la prevención de los nematodos gastrointestinales (NGI), destaca el manejo integrado de parásitos, una práctica que combina diferentes métodos de control, tanto en las praderas como directamente en los animales. Este enfoque busca intervenir en distintas fases del ciclo de vida del parásito, utilizando mecanismos de acción variados. Es importante señalar que el objetivo principal no es la erradicación total de los NGI, sino reducir la dependencia de los antiparasitarios convencionales y retrasar la aparición de poblaciones resistentes a estos fármacos (Vercruysse *et al.*, 2018).

Como se muestra en la Figura 2, el enfoque para el control de los nematodos gastrointestinales se sustenta, especialmente, en tres principios fundamentales: 1) Aumentar la respuesta del hospedero contra los NGI, 2) Reducir los NGI o agotar la fuente de contaminación en el ambiente, y 3) Reducir la población de los NGI dentro del hospedero (Hoste y Chartier, 1997).

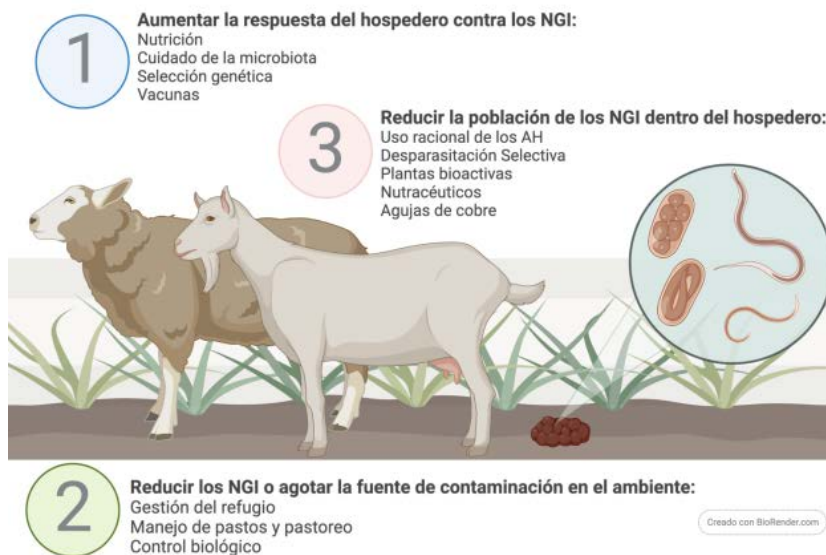


Figura 2. Manejo integrado de parásitos en pequeños rumiantes (Ortiz *et al.*, 2002).

4.10. Inmunidad

De acuerdo con Meeusen *et al.* (2005), los caprinos llegan a adquirir inmunidad contra los NGI como resultado de la exposición repetida a antígenos de transferencia. Siendo los mecanismos de inmunidad únicos y adaptados a diferentes estadios del ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales. Además, la resistencia se basa en estrategias inmunológicas propias del código genético del animal, producto del enfrentamiento diario a los NGI (Miller y Horohov, 2006).

4.11. Tipos de inmunidad

El primer tipo de inmunidad, es la inmunidad innata, en donde el sistema inmunitario innato actúa como la respuesta primaria a patógenos no específicos y está regido por células dendríticas fagocíticas y macrófagos. Las responsabilidades del sistema inmunitario innato incluyen la capacidad de diferenciar entre autopatógenos (huéspedes) y patógenos extranjeros (Akira *et al.*, 2006). De acuerdo con Zajac (2002), se ha reportado que las ovejas de St. Croix son naturalmente resistentes a *Haemonchus contortus*.

Siendo la inmunidad adquirida el segundo tipo de inmunidad, que a diferencia del sistema inmunitario innato, tiene la capacidad de "memorizar" agentes infecciosos, lo que permite al sistema inmunológico adaptativo servir como un sistema de respuesta rápida si se encuentran de nuevo agentes patológicos (Medzhitov y Janeway, 2002). Los cabritos y corderos son especies susceptibles a infecciones por NGI, pero con el tiempo llegan a desarrollar una inmunidad fuerte (Gibson y Parfitt, 1972). Siendo el caso de cabras adultas que al desarrollar inmunidad normalmente excretan las menores cantidades de HPG (Miller y Horohov, 2006).

4.12. Uso de antihelmínticos o drogas sintéticas

Los antihelmínticos de amplio espectro disponibles en la actualidad se dividen en tres grandes familias (benzimidazoles, imidazotiazoles y lactonas macrocíclicas), con diferentes modos de acción y espectros. Cada familia está definida por un modo de acción común a todos los compuestos que agrupa:

- Benzimidazoles: inhibición de la polimerización de la tubulina en microtúbulos (células intestinales del parásito), que conduce a la desintegración y luego a la muerte celular.
- Imidazotiazoles: colinomimetismo, es decir fijación en los receptores de la acetilcolina (ganglios nerviosos del nematodo), provocando una parálisis y luego la muerte del parásito.
- Lactonas macrocíclicas: hiperpolarización de las células nerviosas y musculares, que conduce a una parálisis flácida y luego a la muerte del parásito. El mecanismo de acción involucra canales cloruros glutamato-dependientes o ligands-dependientes (ex: GABA: ácido gamma-amino butírico) Tabel (2011).

De acuerdo con Barré *et al.* (1997) la sensibilidad de los parásitos a los antihelmínticos se clasifica de la siguiente manera:

- Reducción de los HPG entre el 95% y el 100%: cepa sensible (S)
- Reducción de HPG < 95%: cepa tolerante (T)
- Reducción de HPG < 90%: cepa sospechosa de resistencia (R).

Además, estos autores proponen una categoría de cepa muy resistente (TR) para aquellos casos en los que, tras la administración del tratamiento, se observa un aumento en el número de huevos por gramo de heces.

4.13. Efecto y efectividad del closantel en pequeños rumiantes

El closantel es un antihelmíntico en la clase de las drogas salicilanilidas; compuestos que se caracterizan por unirse fuertemente a las proteínas plasmáticas, y que por ende atacan específicamente a parásitos que ingieren sangre como *Haemonchus* sp. Las salicilanilidas disocian la fosforilación oxidativa, disminuyendo la disponibilidad de adenosina trifosfato y nicotinamida adenina dinucleótido en las mitocondrias; esto quiere decir que tienen un efecto sobre la disminución de energía disponible para los parásitos (Lanusse *et al.*, 2009). La acción es inmediata y prolongada (hasta 35 días contra *H. contortus*), ya que estas moléculas están fuertemente ligadas a las proteínas plasmáticas (> 99%) Tabel (2011).

El closantel actúa sobre los mecanismos que mantienen la homeostasis del pH en el parásito, aplicando una dosis recomendada de entre 10 mg/kg de peso corporal, administradas por vía oral o subcutánea, dependiendo del formulado comercial y de tipo de infección por NGI (Lanusse *et al.*, 2009).

4.14. Resistencia antihelmíntica

La resistencia se refiere a la capacidad de un organismo para sobrevivir a dosis de un medicamento que normalmente serían letales para otros individuos de la misma especie y etapa de desarrollo. En el caso específico de nematodos gastrointestinales, como *Haemonchus contortus*, la resistencia a los antihelmínticos se manifiesta como una disminución en la efectividad del tratamiento. Esto significa que el medicamento, que antes funcionaba bien cuando fue introducido, ahora tiene menos efecto debido a cambios en la respuesta del parásito (Kotze y Prichard, 2016).

Coles *et al.* (1992) definieron a la resistencia según los criterios establecidos por la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria (WAAVP) como: “se considera que la resistencia está presente en la población de prueba si el porcentaje de reducción del recuento de huevos tras un tratamiento farmacológico es inferior un 95% de confiabilidad a nivel estadístico , y el nivel de confianza inferior del 95% es < 90%, de acuerdo a la prueba de reducción del recuento de huevos fecales (FECRT)”.

De manera específica, hablando de la resistencia de los parásitos ante los antihelmínticos, ésta se refiere principalmente a la resistencia de los nematodos frente a los benzimidazoles, pro-benzimidazoles y levamisoles en pequeños rumiantes, ovejas, cabras y caballos (Cuadro 2). Llegándose a notificar casos de resistencia de nematodos al closantel y a las lactonas macro cíclicas, aunque en menor medida; siendo *Haemonchus contortus*, *Cooperia cuticei*, *Trichostrongylus spp* y *Teladorsagia spp* nematodos resistentes (Vandiest, 2014).

Cuadro 2. Resistencia de los parásitos a los antihelmínticos.

Grupo	Familia	Material activo	Nombre comercial	Nematodos	Cestodos (Tenia)	Gusanos grandes
	Benzimidazol	Albendazol Fenbendazol Mebendazol Oxfendazol Oxibendazol Thiabendazol Triclabendazol	Valbazen-Disthalm-Profril Panacur Ovitelmin Synanthic-Systamex Loditac Thibenzole-Nemapan Fascinex	a a a a a a a	c c c c	b b b
Pro benzimidazoles	Guanidina	Febantel	Rintal	a	c	
	Nitrofenil-guanidina	Netobimin	Hapadex	a	c	b
	Thioallophanate	Thiophanate	Strongynate	a		
	Imidaziotazol	Levamisol	Ripercol-Némisol	a		
	Salicilanilida	Closantel	Séponver-Séponver LA Flukiver	b		b b
Lactosas acrociclicas	Avermectina	Ivermectina Doramectina Promectina	Ivomec-Oramec-Noramectin Ivomec F Dectomax Eprinex	b b b b		b
	Milbemicina	Moxidectina	Cydectin	b		
Asociaciones	Benzimidazol + Salicilanilida	Mebendazol + Closantel	Supaverm	a b	c	 b
	Avermectina + Salicilanilida	Ivermectina + Closantel	Oestrocore	b b		 b
	Benzimidazol + Imidaziotazol	Triclabendazol + Levamisol	Parsifal	 a		b
	Pyrazine-isoquinoline + Imidaziotazol	Praziquantel + Levamisol	Ténisol	 a	c	
	Benzimidazol + Salicilanilida	Oxibendazol + Niclosamida	Strongténia	a		
					c	

En los caracteres con letra “a”: resistencia comprobada.

En los caracteres con letra “b”: resistencia en desarrollo (casos observados).

En los caracteres con letra “c”: sin resistencia.

Fuente: Modificado de Vandiest (2014).

4.15. Métodos alternativos para el control de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes

El control de los nematodos gastrointestinales (NGI) en pequeños rumiantes, como ovinos y caprinos, ha dependido históricamente del uso de antihelmínticos sintéticos. Sin embargo, el uso intensivo y muchas veces indiscriminado de estos fármacos ha favorecido la aparición de resistencias antihelmínticas, lo que ha impulsado la búsqueda y aplicación de métodos alternativos más sostenibles y compatibles con la producción agroecológica.

Entre las principales estrategias alternativas se destacan las siguientes:

4.15.1. Desparasitación selectiva

Este método, también conocido como FAMACHA© es una estrategia basada en el grado anémico de un animal de acuerdo con la palidez de la mucosa ocular; mediante el uso de una tarjeta que consta de 5 colores que van desde un rojo intenso a un pálido blanco, tomando una escala de 1 a 5 para la coloración de la mucosa palpebral (Bassetto *et al.*, 2014).

4.15.2. Manejo del pastoreo

En cuestión de manejo de acuerdo con Barger *et al.* (1994) el sistema de pastoreo rotacional en condiciones tropicales, se aplica en ovinos y caprinos para la reducción de nematodos gastrointestinales; basándose en dejar pastar a los animales durante 3.5 días, con periodos de descanso para el pastizal de 31 días. Los resultados indicaron que un sistema de pastoreo rotativo, compuesto por diez potreros pastoreados en secuencia durante 3,5 días consecutivos, podría permitir una

reducción en la frecuencia del tratamiento antihelmíntico en las cabras. En comparación con un rebaño adyacente con pastoreo fijo, que requirió tratamiento en tres ocasiones durante el año cuando el recuento promedio de huevos superó los 2000 huevos por gramo (HPG), las cabras pastoreadas rotativamente generalmente mantuvieron un recuento promedio de huevos inferior a 1000 HPG. Por otra parte, de acuerdo con Michel (1985) las estrategias para la gestión de pastoreo destinadas a controlar las infecciones parasitarias por nematodos en ganado rumiante son:

Prevención: esta estrategia se basa principalmente en pastar animales sin parásitos en pastos limpios, suprimiendo la producción de huevos a través de tratamiento antihelmíntico en la primera temporada de pastoreo hasta que la población de larvas inicial haya disminuido considerablemente.

Evasiva: Esta estrategia no restringe la contaminación del pasto con huevos de los parásitos, sino más bien está basada en el movimiento del ganado a otros pastos, antes de que las larvas resultantes de esta contaminación puedan aparecer con mayor significancia en el pasto original.

Dilución: Es una estrategia que se centra en la explotación simultánea del pastoreo sometiendo al pasto a una mayor población de animales con una resistencia natural adquirida a parásitos de su misma especie, o de diferentes especies ganaderas, con el propósito de reducir la infestación resultante de huevos de gusano.

4.15.3. Uso de plantas con actividad antihelmíntica

Ante el desafío para el control de nematodos gastrointestinales, el uso de legumbres y leguminosas es una solución para la mayoría de los sistemas de producción de carne de cabra basados en el pastoreo extensivo, dado que contienen compuestos secundarios que favorecen la reducción del recuento de huevos fecales (FEC) expresado como huevos por gramo de heces fresca (HPG); Además de su efecto antiparasitario, estas especies vegetales contribuyen a mejorar la nutrición proteica del animal, lo que se traduce en una mayor tolerancia frente a los efectos fisiológicos negativos del parasitismo por NGI (Aguilar-Caballero *et al.*, 2011).

4.15.4. Uso de agujas de cobre

Este tipo de instrumentos son administrados vía oral en forma de cápsulas de gelatina con destino final en el abomaso, en donde el cobre es liberado sobre los pliegues de este órgano digestivo; lugar en que las agujas actúan para liberar iones de cobre que ocasionan la muerte y expulsión de parásitos, llegando a presentar una persistencia de hasta el 46% pasados los 35 días posterior a su dosificación para nematodos de *H. contortus*. Llegando a considerar que su administración ayuda considerablemente a mantener reducciones parasitarias de entre un 75 a 90% de los nematodos, aunque no mejoren las secuelas en ganancia de peso y condición corporal del animal. (Aguilar-Caballero *et al.*, 2011).

4.15.5. Resistencia genética

La variabilidad genética individual entre los animales ha permitido desarrollar estrategias de selección genética orientadas a reducir la eliminación de huevos de

nematodos gastrointestinales en las heces. Este enfoque se basa en la capacidad inmunológica del hospedador para responder frente a la infección parasitaria, característica que se considera altamente heredable dentro de las poblaciones de pequeños rumiantes.

De acuerdo con Aguilar-Caballero *et al.* (2011), esta variabilidad puede aprovecharse mediante programas de selección de animales resistentes, utilizando indicadores como el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) o la respuesta inmunológica específica frente a antígenos de los nematodos. A largo plazo, esta estrategia contribuye a disminuir la dependencia de antihelmínticos químicos y a establecer sistemas de producción más sostenibles.

La selección animal con el fenotipo de resistencia permite mejorar la progenie en programas de crianza, para llegar a obtener una descendencia de animales resistentes a la presencia de menos nematodos adultos, y por lo tanto una reducción en la eliminación de huevos al suelo y menor contaminación de los pastos por larvas infectantes L3 (Estrada-Reyes *et al.*, 2019).

4.15.6. Estrategia nutricional basada en una dieta proteica

De acuerdo con Hoste *et al.* (2016) las dietas iso-proteicas pueden ayudar a prevenir algunos tipos de parasitosis; el uso de la proteína y energía en este tipo de dietas contribuye a mantener un mejor control de los NGI, así como la cantidad y calidad de macro y micronutrientes presentes en la dieta.

Los efectos beneficiosos de la manipulación nutricional sobre el control de NGI dependen principalmente en gran medida del plano nutricional de los animales (Figura

3). El ejemplo más claro sobre la relación entre la nutrición del hospedador infectado y las infecciones por NGI, es aquel que se presenta en infecciones por *Haemonchus*, en donde cualquier combinación de malnutrición y parasitismos conduce a trastornos fisiopatológicos no compensados y, posteriormente en casos más avanzados a signos clínicos graves (situación en la que se puede llegar a presentar una elevada tasa de mortalidad) Hoste *et al.* (2016).

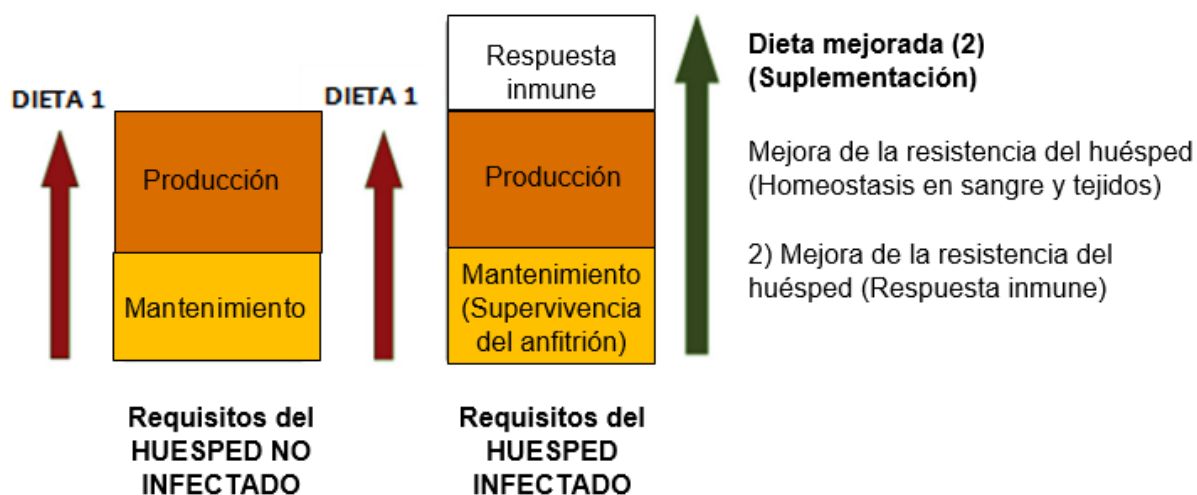


Figura 3. Representación esquemática de las necesidades nutricionales adicionales y su déficit asociado con las infecciones por NGI (Hoste *et al.*, 2016).

4.15.7. Vacunación

Investigaciones en años recientes llevadas a cabo por el Moredun Research Institute de Barbervax en colaboración con el Departamento de Agricultura y Alimentación, han desarrollado una vacuna basada especialmente en antígenos contra especies de *Haemonchus*; esta vacuna fue producida en Alaban, en la región de la Australia Occidental (Besier y Smith, 2014). Además de acuerdo con Basseto *et al.* (2014) en Brasil fue lanzado un ensayo en donde la formulación de una vacuna indicó niveles de protección contra *H. contortus* al administrarse en corderos durante un periodo de 3 semanas.

4.15.8. Control biológico

El control biológico de cualquier tipo de organismo tiene como objetivo explotar a sus enemigos naturales para reducir o controlar el número de plagas en el medio ambiente a niveles inferiores a los que se hubiera producido en ausencia del organismo de control biológico. Aunque también se debe considerar que la manipulación humana sobre los movimientos y número del ganado en pastoreo se llega a clasificar como una forma de control biológico indirecta, dado que el desplazamiento de animales para evitar los periodos de recogida de larvas del pasto, es un tipo de control evasivo (Waller, 2006).

El control biológico sobre los parásitos nematodos del ganado se asocia principalmente y casi exclusivamente al micro hongo destructor de nematodos *Duddingtonia flagrans*, debido a que posee tres atributos muy importantes que son la capacidad de sobrevivir al paso intestinal del ganado, crecer rápidamente en el estiércol recién depositado y su capacidad voraz de nematófago (Larsen, 1999).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Periodo experimental y localidad

El experimento se llevó a cabo durante 84 días, de septiembre a noviembre de 2019, en el ejido Agua Nueva, a 30 km al sur del municipio de Saltillo, Coahuila.

5.2. Ubicación

Agua Nueva se localiza en el municipio de Saltillo del estado de Coahuila de Zaragoza, México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud: $-101^{\circ} 09'33.33''$; Latitud: $25^{\circ}19'30.56''$. La localidad se encuentra a una altura media de 1920 metros sobre el nivel del mar (Página web 1). La población total de Agua Nueva es de 1566 habitantes (Página web 2).

Localización del municipio de Saltillo



Figura 4. Ubicación del área de estudio.

5.3. Vegetación

La vegetación es de tipo matorral espinoso e inerme, micrófilo, con opuntias e izotal. Predomina plantas como: la gobernadora (*Larrea tridentata*), el mezquite (*Prosopis juliflora*), Mariola (*Parthenium incanum*), el tasajillo (*Cylindropuntia leptocaulis*) (Página web 3).

5.4. Clima

El clima se clasifica como semiseco templado (BS1kw) de acuerdo con García (1988), con una temperatura promedio de 17°C, predominando temperaturas máximas superiores a los 18°C y algunos días con temperaturas mínimas a cero grados. Los días más calurosos son en mayo-agosto y los más fríos son diciembre-febrero, con temperaturas menores a cero grados (Página web 4).

Los veranos son cálidos, con temperaturas que suelen superar los 38°C. Las lluvias se presentan en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo (Página web 4). El mes más seco es diciembre, con 19 mm de precipitación pluvial. La mayor parte de la precipitación cae en septiembre, promediando 111 mm con un total anual de 400 mm (Página web 7).

5.5. Diseño del experimento

Se seleccionaron 30 cabras adultas de una población total de 62 animales, con distintos grados de encaste de razas lecheras europeas, incluyendo Saanen, Alpina Francesa, Toggenburg, Murciano-Granadina, Anglo Nubia, La Mancha y Boer. Las cabras presentaron un peso inicial promedio de 43.4 ± 5.03 kg y un peso final promedio de 50.13 ± 6.63 kg.

Las 30 cabras fueron distribuidas en dos grupos experimentales o tratamientos ($n = 15$), con pesos promedio durante el período experimental de 46.0 ± 5.7 kg para el Tratamiento 1 y 48.0 ± 7.2 kg para el Tratamiento 2, respectivamente.

5.6. Manejo de los animales y tratamientos

Las cabras fueron pastoreadas diariamente, saliendo al campo a las 11:00 horas y regresando a las 18:00 horas a un área de encierro nocturno destinada a protegerlas contra robos, depredadores y condiciones climáticas adversas.

Se seleccionaron al azar 30 cabras, las cuales se dividieron en dos grupos experimentales ($n = 15$). Las cabras del Tratamiento 1 recibieron, al inicio del período experimental, una inyección subcutánea de 5 mL de solución salina como placebo. Por su parte, las cabras del Tratamiento 2 recibieron, en la misma fecha, una dosis de closantel equivalente a 5 mg/kg de peso vivo, administrada por vía subcutánea.

5.7. Muestreos

Se realizaron ocho muestreos de heces durante el periodo comprendido entre el 7 de septiembre y el 30 de noviembre de 2019: uno el mismo día de la administración del tratamiento y los restantes en los días 10, 14, 28, 42, 56, 70 y 84 postratamiento.

Asimismo, al inicio, a la mitad (42 días postratamiento) y al final del período experimental, se registraron las medidas de condición corporal (CC), FAMACHA®, peso vivo (PV) y hematocrito.

5.8. Conteo de huevos de nematodos gastrointestinales

Con el propósito de cuantificar la carga parasitaria por nematodos gastrointestinales, se realizó el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) utilizando la técnica de McMaster, conforme a la metodología descrita por Olivas-Salazar *et al.* (2018). Para ello, se recolectaron muestras fecales directamente del recto de cada animal, empleando bolsas de polietileno limpias, rotuladas individualmente para evitar confusiones. Se tuvo especial cuidado en prevenir la contaminación con suelo, orina u otros residuos.

Una vez recolectadas, las muestras fueron almacenadas a una temperatura de 4 °C y trasladadas al laboratorio de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde fueron procesadas dentro de las 24 horas siguientes a su recolección.

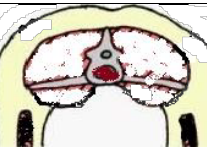
5.9. Condición corporal (CC)

La condición corporal (CC), es una evaluación que estima el nivel de grasa en zonas anatómicas estratégicas en el animal mediante apreciación visual y permite asignar un puntaje en escala de 1 a 5. Este método, no invasivo y de bajo costo, sirve como indicador del estado fisiológico y nutricional del animal (Praveen *et al.*, 2024).

La CC tiene especial valor porque la mera variación en el peso vivo puede estar sujeta a fluctuaciones debidas a la carga gastrointestinal, retención de líquidos u otros factores, lo que limita su utilidad como indicador fiable del estado nutricional (Butler *et al.*, 2000). En cambio, la evaluación de la cobertura grasa y muscular ofrece una imagen más estable de las reservas corporales (Ghosh *et al.*, 2019).

La CC cuantifica el grado de grasa o la condición del animal vivo. Es el mejor indicador simple de las reservas de grasa corporal, que puede ser utilizado por el propio animal en períodos de alta demanda energética, diversos tipos de estrés o desnutrición, y por lo tanto, es un indicador ampliamente aceptado del estado posnutricional. La técnica también puede utilizarse para diversas especies animales, como bovinos, ovinos y caprinos. El índice de CC se utiliza para evaluar la idoneidad del suministro previo de alimento, determinar las necesidades futuras de alimento, evaluar el estado de salud de cada animal, determinar su condición durante las inspecciones rutinarias de manejo y bienestar animal y en sistemas de producción de carne (Ghosh *et al.*, 2019). Para medir la CC se utilizó una escala de uno a cinco unidades, que clasifican los estados corporales según el grado de grasa subcutánea en las apófisis de las vértebras lumbares, donde la unidad 1 es un animal emaciado y la unidad cinco, representa un animal obeso de acuerdo con Ghosh *et al.* (2019) y como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Asignación del índice de condición corporal (CC) de acuerdo con Ghosh *et al.* (2019).

CC	Apariencia física	Puntos de revisión del esqueleto	Diagrama (sección transversal)
1	Animal emaciado y debilitado. La parte trasera es muy visible y el flanco es hueco. Las costillas son claramente visibles. No presenta cobertura grasa y los dedos penetran fácilmente en los espacios intercostales.	La apófisis espinosa es muy prominente y le da una apariencia ósea. Hay muy poco músculo y nada de grasa entre la piel y el hueso. Una depresión prominente va desde la apófisis espinosa hasta la apófisis transversa. La mitad de la apófisis transversa es claramente visible. El cartílago y las articulaciones que unen las costillas y el esternón se palpan fácilmente.	
2	Los huesos son ligeramente visibles; la columna vertebral es moderadamente visible con una cresta prominente. Las costillas se palpan. Presentan una ligera capa de grasa. Los espacios intercostales son lisos, pero aún se pueden penetrar.	Las apófisis espinosas presentan una cresta prominente. Un tercio de las apófisis transversas son visibles y es posible pasar los dedos por debajo aplicando presión. La zona muscular es de profundidad moderada y presenta una ligera capa de grasa entre ambas apófisis. El flanco es hueco.	
3	La columna vertebral no es tan prominente. Las costillas no son claramente visibles; están cubiertas por una fina capa de grasa. Tras aplicar presión, se pueden palpar los espacios intercostales.	Las apófisis espinosas y transversas son lisas y redondeadas. La zona muscular está repleta de una moderada capa de grasa entre ambas apófisis. Los flancos son ligeramente cóncavos.	
4	No se aprecia la columna vertebral. No se ven las costillas (cubiertas por una gruesa capa de grasa). El costado del animal tiene una apariencia ligeramente redondeada.	Las apófisis espinosas tienen una apariencia plana. Las apófisis transversas no son visibles y requieren una presión considerable para encontrar sus extremos. La zona muscular está llena de una gruesa capa de grasa entre las apófisis. No se aprecia una depresión en el flanco debajo del lomo.	
5	La columna vertebral está completamente cubierta de grasa. Las costillas no son visibles. No se observa la curvatura del flanco. Excesiva acumulación de grasa en la región pélvica y el esternón.	El grosor del músculo y la grasa es tan grande que las demarcaciones en la apófisis espinosa se pierden por completo. Hay una transición abultada entre ambas apófisis. El grosor del músculo y la grasa es muy marcado y difícil de palpar en la apófisis transversa. La grasa esternal cubre el esternón, uniéndose a la grasa que recubre el cartílago y las costillas.	

5.10. FAMACHA©

De acuerdo con la técnica FAMACHA©, se utilizó una tarjeta de referencia para determinar la coloración de la conjuntiva ocular de cada animal, observando la coloración de la conjuntiva ocular y comparándola con una tarjeta de referencia FAMACHA©. Los valores asignados oscilaron de 1 (rojo o rosado intenso) a 5 (blanco o pálido), siendo este último indicativo de anemia severa (Figura 5).

Este procedimiento se aplicó individualmente a todas las cabras del experimento, con el objetivo de evaluar el grado de anemia asociado a posibles infecciones por nematodos hematófagos, particularmente *Haemonchus contortus*.

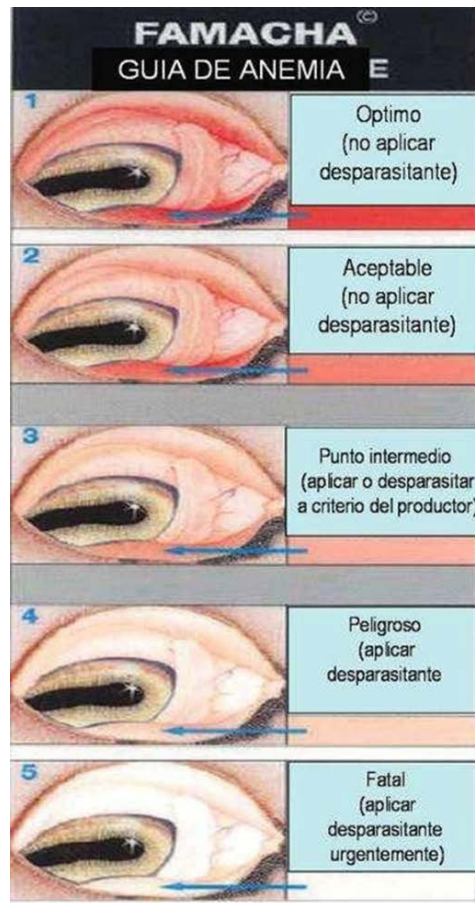


Figura 5. Carta apoyo para la técnica FAMACHA©-Guía de anemia (Página web 9).

5.11. HEMATOCRITO

Para estimar con mayor precisión el nivel de anemia, se tomaron muestras de sangre por venopunción yugular, a fin de determinar el hematocrito o porcentaje de volumen del paquete de células sanguíneas (PCV).

5.12. PESO VIVO

El peso vivo (PV) de las cabras fue registrado utilizando una báscula de plataforma digital colocada sobre una superficie nivelada y firme. Antes de cada jornada de pesaje, la báscula fue calibrada para asegurar lecturas precisas.

Cada cabra fue conducida individualmente a la plataforma procurando minimizar el estrés y evitar movimientos bruscos que pudieran afectar la lectura. Se esperó a que el animal estuviera completamente inmóvil y centrado sobre la plataforma antes de registrar el valor del peso. El procedimiento fue realizado en horario matutino con los animales en ayuno, a fin de reducir la variabilidad asociada al contenido digestivo.

5.13. Materiales empleados para los muestreos

- Agujas y tubos vacutainer con anticoagulante EDTA
- Báscula digital de plataforma
- Bolígrafos
- Bolsa de polietileno para la recolección de heces
- Carta FAMACHA©
- Cordones para identificar el tratamiento
- Cuaderno de apuntes
- Marcador
- Pintura en aerosol

Los materiales y equipos utilizados para el estudio de HPG y hematocrito fueron los siguientes:

- Báscula gramera
- Cámaras McMaster
- Centrífuga
- Colador
- Jeringas
- Microscopio
- Microtubos (tubos capilares)
- Morteros
- Regla
- Solución salina sobresaturada

5.13.1. Procedimiento para el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales

Para determinar la carga parasitaria por nematodos gastrointestinales (NGI), se utilizó la técnica cuantitativa de McMaster, tal como fue descrita por Olivas-Salazar *et al.* (2018). Este método permite estimar el número de huevos por gramo de heces (HPG) de manera rápida y eficiente.

El procedimiento de la técnica McMaster es la siguiente:

1. Pesado de la muestra: Se tomaron 2 gramos de materia fecal por cada animal.
2. Preparación de la suspensión: La muestra fue mezclada con 28 mL de solución saturada de cloruro de sodio (densidad ~1.2 g/mL). Se agitó enérgicamente hasta obtener una suspensión homogénea.
3. Filtrado: La mezcla fue colada a través de un colador para eliminar residuos gruesos.
4. Llenado de la cámara McMaster: Con la ayuda de una pipeta, se tomaron alícuotas de la suspensión y se introdujeron en ambos depósitos de las cámaras McMaster, cuidando que no se generaran burbujas de aire.
5. Lectura microscópica: Después de dejar reposar la cámara durante 4 minutos, se realizó la observación al microscopio óptico a 10x de aumento. Se contaron los huevos presentes en ambas cámaras.
6. Cálculo del HPG: El número total de huevos observados se multiplicó por 50 para obtener la carga parasitaria estimada en huevos por gramo de heces.

5.14. Análisis estadístico

Los efectos principales fueron: el grupo al que se le administró closantel y el grupo placebo; para evaluar HPG (los datos fueron transformados mediante $\log_{10}(n+1)$), hematocrito y peso vivo se usó un diseño completamente al azar; para evaluar CC y FAMACHA© se analizaron como variables no paramétricas usando el modelo de Kruskal Wallis. Para estimar el grado de asociación entre las variables se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (SAS, 2002) y su significancia.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del antihelmíntico (closantel) redujo la excreción del número de huevos por gramo de heces (HPG) En el cuadro 1, se muestran los resultados de las variables evaluadas donde se puede apreciar que los mejores valores fueron para el grupo de animales que recibieron el tratamiento con closantel principalmente en el conteo de huevos de NGI por gramo de heces (HPG) ($p < 0.05$). En relación con lo anterior, Ruiz-Zarate *et al.* (2013), demostraron a través de un estudio, que el promedio de cabras tratadas con closantel mantuvo cuentas de HPG menores comparado con el grupo control, ($p < 0.05$). De igual manera, el porcentaje de células sanguíneas, Hematocrito, (hematocrito) fue mejor ($p < 0.05$) para las cabras que recibieron el tratamiento con closantel. Las demás variables fueron no significativas ($p > 0.05$).

Cuadro 4. Efecto del closantel en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo, en Agua Nueva, Coahuila.

Variable	Sin closantel		Con closantel		Valor de p	Significancia
	MMC	EEM	MMC	EEM	p	
HPG ¹	2.73	0.0738	2.18	0.0754	<0.0001	***
Peso (kg)	50.92	1.1079	52.90	1.0931	=0.2375	NS
Hematocrito (%)	34.162	0.718	37.53	0.7346	=0.001	**
FAMACHA© (Un ²)	2.73	0.1012	2.67	0.1036	=0.958	NS
CC (Un ²)	2.40	0.0593	2.41	0.0607	=0.890	NS

MMC= media de mínimos cuadrados; EEM= error estándar de la media; p= probabilidad estadística.

¹Datos transformados por log10 (n+1), ²Unidades, ** Significativo,

*** Altamente significativo, ^{NS} No significativo

En un estudio llevado a cabo por Jabbar *et al.* (2022) donde se evaluó la eficacia de albendazol, oxfendazol, ivermectina, closantel y *Ferula asafetida* frente a NGI basándose en la disminución de HPG en cabras y ovejas. Los resultados mostraron que hubo diferencia significativa ($p < 0.001$) en comparación con otros antihelmínticos en cabras; significancia similar a la obtenida en el presente estudio. Por lo que se concluye que existe una mayor reducción de NGI con la aplicación del desparasitante closantel en cabras.

Por otro lado, Risa *et al.* (2024), evaluaron la respuesta de borregas y cabras tras una infección artificial con nematodos gastrointestinales (NGI). Los resultados mostraron que las cabras fueron más susceptibles a la enfermedad en comparación con las borregas. Para el día 21 posinfección, se observó una diferencia significativa ($p > 0.001$) en los valores de hematocrito entre cabras infectadas y no infectadas, lo que evidenció un mayor impacto clínico en esta especie. La disminución del hematocrito en cabras infectadas comenzó siete días después de la infección y continuó de forma progresiva hasta el final del estudio. Al día 56, el valor medio de hematocrito fue de 19.6 % en cabras infectadas y de 22.8 % en ovejas infectadas, lo que confirma una mayor afectación en el grupo caprino.

Así mismo, Kumar (2021) reportó en un estudio con cabras diagnosticadas con hemoncosis que el valor medio de hematocrito antes del tratamiento (día 0) fue significativamente menor ($p < 0.05$) en comparación con el grupo control. Tras la administración de closantel, se observó una mejoría significativa en los valores de hematocrito, especialmente a partir del día 14 postratamiento ($p < 0.05$), lo que respalda la eficacia del antiparasitario en la recuperación del estado hematológico.

En la Figura 6 se muestra la tendencia de la carga parasitaria, medida en el número de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras, durante el periodo experimental, comparando animales sin tratamiento (T1) y con tratamiento antihelmíntico a base de closantel (T2).

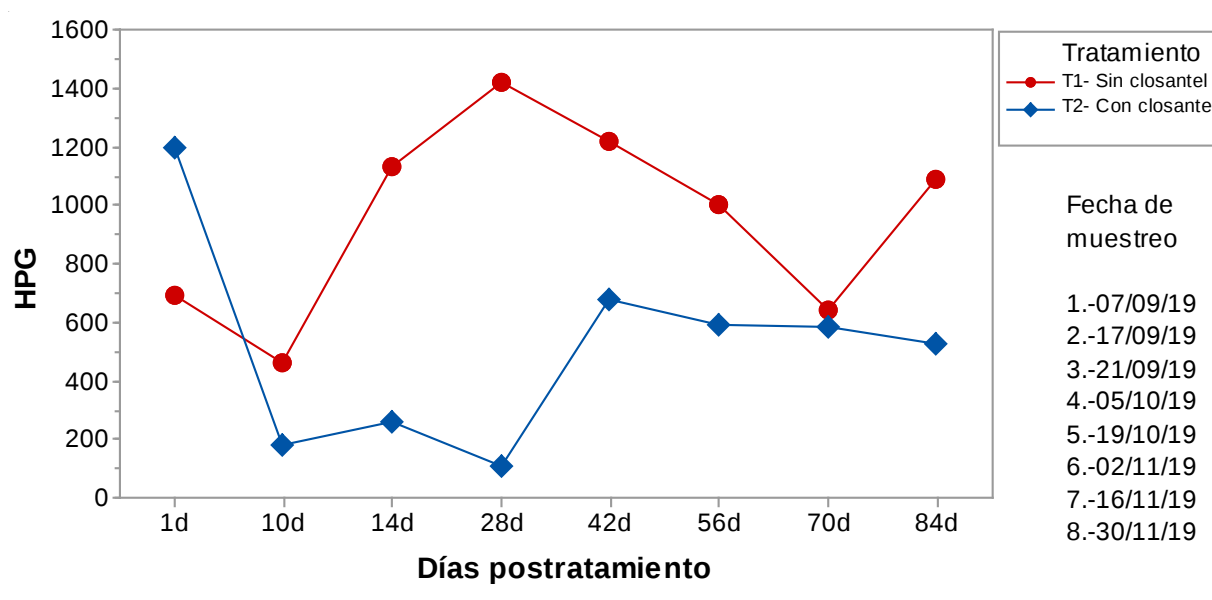


Figura 6. Tendencia del número de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo, en Agua Nueva, Coahuila.

La evolución de la carga parasitaria, medida en huevos por gramo de heces (HPG), revela diferencias sustanciales entre el grupo experimental (T2) y el grupo control (T1) a lo largo del periodo de observación. En el grupo sin tratamiento (T1), se observa una marcada variabilidad, con un incremento progresivo que alcanza su punto máximo el día 28, donde los valores superan ampliamente los 1,400 HPG. Este patrón sugiere un curso natural de la infección parasitaria sin intervención, caracterizado por oscilaciones amplias y una carga parasitaria persistentemente elevada.

En contraste, el grupo tratado con closantel (T2) exhibe una respuesta significativa a la intervención farmacológica. A partir del día 10, los niveles de HPG disminuyen de forma pronunciada y sostenida, alcanzando un mínimo a los 28 días, donde la carga es prácticamente nula. Este resultado confirma la efectividad inicial del antihelmíntico closantel para reducir la excreción de huevos, presumiblemente a través de la eliminación o inhibición de los parásitos adultos.

No obstante, a partir del día 42 postratamiento se observa un repunte en los valores de HPG en el T2, aunque sin alcanzar los niveles registrados en el grupo control. Esta tendencia sugiere un posible reinicio del ciclo parasitario o una reexposición al agente infeccioso, lo que podría estar asociado a factores como la duración limitada del efecto farmacológico, condiciones ambientales favorables para la reinfestación o el manejo del hospedador.

En términos comparativos, el tratamiento con closantel logra mantener, en promedio, una carga parasitaria inferior a la del grupo sin tratamiento durante todo el periodo analizado. Esto no solo subraya su eficacia relativa, sino que también resalta la necesidad de estrategias complementarias, como rotación de principios activos, control ambiental o manejo integral del hospedador, para evitar la reaparición del parásito y prolongar los efectos terapéuticos.

Cuadro 5. Media de mínimos cuadrados y significancia, del efecto del closantel en el número de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo, en Agua Nueva, Coahuila.

Tratamiento, días postratamiento								Media de mínimos cuadrados
1,28	A							28.40
1,42	A							24.33
2,1	A							23.93
1,14	A	B						22.60
1,84	A	B	C					21.80
1,56	A	B	C	D				20.00
1,1		B	C	D	E			13.80
2,42		B	C	D	E	F		13.50
1,70		B	C	D	E	F		12.80
2,56			C	D	E	F	G	11.85
2,70				D	E	F	G	11.64
2,84				D	E	F	G	10.57
1,10					E	F	G	9.26
2,14					E	F	G	5.20
2,10						F	G	3.67
2,28							G	2.21

En el cuadro 5, se observan los valores del número de huevos por gramo de heces (HPG) transformados por Log 10 (n+1) en la interacción entre tratamiento y días postratamiento como una explicación de la figura 6. Se aprecia que el menor número de HPG fue en las cabras que recibieron tratamiento con closantel (T2) y al inicio del periodo experimental, los valores más altos de HPG se presentaron en las cabras a las que no se les administró closantel (T1). De acuerdo con lo observado por Morant (2016), la eliminación de huevos tras la administración del tratamiento antiparasitario se manifiesta alrededor de los 15 días posteriores a su aplicación, evidenciando una notable reducción en el recuento de huevos por gramo de heces (HPG). Este hallazgo sugiere una eficacia significativa del antihelmíntico closantel utilizado en los grupos experimentales evaluados. En consonancia con dichos resultados, en el presente estudio también se observó una disminución en los niveles de HPG durante el segundo muestreo, realizado 10 días después de la aplicación del tratamiento. Esta

coincidencia en los patrones de respuesta antiparasitaria respalda la efectividad del fármaco empleado.

Los resultados revelan que el tratamiento con closantel tuvo un efecto positivo notable en la disminución del número de huevos por gramo de heces, con diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo sin tratamiento. Al grupo de cabras a las que se les administró closantel se redujo el número de huevos por gramo de heces (HPG) a los diez días postratamiento y así se mantuvo durante aproximadamente un mes. Este resultado coincide con lo reportado por Mancilla-Montelongo *et al.* (2022), quienes señalan que la persistencia del closantel en ovinos y caprinos puede variar según múltiples factores, tales como la vía de administración, el género del parásito, la dosis utilizada y las condiciones fisiológicas del animal. No obstante, los autores sugieren que, en condiciones óptimas, la acción del fármaco puede extenderse hasta por cuatro o cinco semanas después del tratamiento.

Los hallazgos del presente estudio coinciden con lo reportado por Olivas-Salazar *et al.* (2025), quienes concluyeron que el closantel representa una alternativa terapéutica confiable frente a la ivermectina en cabras manejadas en sistemas de libre pastoreo. Esta afirmación se sustenta en la eficacia sostenida del closantel a lo largo del tiempo, lo que lo posiciona como una opción válida para el control estratégico de endoparásitos en condiciones extensivas.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Pearson en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo tratadas con closantel y sin closantel, en Agua Nueva, Coahuila.

Correlación	Sin closantel	Con closantel
FAMACHA© - CC	r= -0.007	r= -0.562
FAMACHA© - PV	r= -0.418	r= -0.059
FAMACHA© - Hematocrito	r= -0.146	r= -0.016
FAMACHA© - HPG	r= -0.085	r= 0.168

El Cuadro 6 muestra los coeficientes de correlación de Pearson entre la puntuación FAMACHA© y cuatro variables fisiológicas clave: peso vivo (PV), condición corporal (CC), hematocrito y huevos por gramo de heces (HPG), diferenciadas por grupo experimental. El grupo T1 corresponde a los animales sin tratamiento antiparasitario (control), mientras que T2 representa a los animales tratados con closantel.

En relación con las correlaciones observadas entre las variables fisiológicas y parasitarias, se identificaron diferencias notables entre los tratamientos. En el grupo sin tratamiento (T1), la mayoría de las correlaciones entre la escala FAMACHA© y otras variables fueron débiles y negativas, destacando una correlación moderadamente negativa con el peso vivo ($r = -0.418$), lo cual sugiere que un mayor nivel de anemia (indicador FAMACHA© elevado) podría asociarse con una reducción en el peso corporal. En cambio, en el grupo tratado con closantel (T2), la correlación más significativa se observó entre FAMACHA© y la condición corporal ($r = -0.562$), indicando que el tratamiento pudo haber modulado esta relación de manera más evidente. La ausencia de correlaciones fuertes entre FAMACHA© y hematocrito o HPG en ambos tratamientos podría deberse a la variabilidad individual de los animales o a la influencia de otros factores fisiológicos no controlados. Estos resultados sugieren que la escala FAMACHA©, aunque útil como indicador clínico, debe complementarse con otras medidas para una evaluación más precisa del estado de salud y carga parasitaria en pequeños rumiantes. Al comparar estos resultados con los reportados por Rossanigo y Page (2017), se advierten ciertas similitudes y divergencias. En su estudio, los coprocultivos revelaron un predominio de larvas de nematodos gastrointestinales (NGI) tanto en animales tratados como no tratados, y se observaron correlaciones de mayor magnitud entre FAMACHA© y otras variables fisiológicas. Específicamente, reportaron correlaciones negativas entre FAMACHA© y hematocrito ($r = -0.56$ y $r = -0.50$), y entre FAMACHA© y CC ($r = -0.53$ y $r = -0.33$), así como

correlaciones positivas con HPG ($r = 0.46$ y $r = 0.29$), para cabras sin tratamiento y tratadas con closantel, respectivamente.

Estos hallazgos sugieren que el tratamiento con closantel puede modificar parcialmente el patrón de asociación entre FAMACHA© y las variables fisiológicas, aunque sin eliminar por completo las relaciones subyacentes entre anemia clínica estimada mediante FAMACHA©, la condición corporal y la carga parasitaria evaluada mediante HPG.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación de Pearson y significancia entre variables en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo tratadas con closantel, en Agua Nueva, Coahuila.

	Hematocrito	HPG transf	Peso Vivo	Condición Corporal	FAMACHA©
Hematocrito	1	-0.211 0.04*	0.22 0.03*	0.14 0.17	-0.02 0.87
HPG transf		1	-0.04 0.69	0.003 0.97	0.06 0.57
P. Vivo			1	0.16 0.12	-0.13 0.20
C. Corporal				1	-0.32 0.002**
FAMACHA©					1

*Diferencia significativa ($p < 0.05$); ** Diferencia altamente significativa ($p < 0.01$).

Los datos presentados en el Cuadro 7 muestran asociaciones significativas entre varias de las variables evaluadas en el presente estudio. Se destaca una correlación negativa significativa entre el hematocrito y el HPG transformado ($r = -0.211$, $p = 0.04$), lo cual sugiere que a medida que aumenta la carga parasitaria, se reduce el porcentaje de hematocrito, lo que es consistente con procesos de anemia inducida por endoparásitos.

Asimismo, se identificó una correlación positiva significativa entre el hematocrito y el peso vivo ($r = 0.22$, $p = 0.03$), indicando que animales con mejor estado hematológico tienden a presentar mayores pesos corporales, lo que refuerza su valor como indicador general de salud fisiológica. Por otro lado, se observó una correlación negativa altamente significativa entre la puntuación FAMACHA© y la condición corporal ($r = -0.32$, $p = 0.002$). Este resultado sugiere que animales con signos más evidentes de anemia (mayor puntuación FAMACHA) tienden a mostrar una peor condición corporal, reforzando la utilidad de este sistema de puntuación clínica como herramienta de campo.

En general, aunque algunas correlaciones no alcanzaron significancia estadística, se identificaron patrones de asociación consistentes con el deterioro fisiológico vinculado a la parasitosis gastrointestinal. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Olivas-Salazar *et al.* (2019), quienes también observaron relaciones entre la puntuación FAMACHA©, el hematocrito y la condición corporal en pequeños rumiantes bajo condiciones de pastoreo extensivo.

Cuadro 8. Estadísticos descriptivos de las variables fisiológicas en cabras de doble propósito en pastoreo extensivo tratadas con closantel, en Agua Nueva, Coahuila.

	HPG	Peso vivo (kg)	Condición corporal (Unidades)	FAMACHA© (Unidades)	Hematocrito (%)
Media	741.28	51.61	2.40	2.70	35.65
Desviación típica	772.22	6.64	0.42	0.68	5.62
Valor mínimo	0	37.35	1.50	1.0	25.29
Valor máximo	5200	70.00	3.0	4.0	60.0

Según los datos presentados en el Cuadro 8, las cabras tratadas con closantel mostraron una reducción en la carga parasitaria de leve a moderada, con un valor medio de HPG de 741.28 ($\pm$ 722.22), lo que refleja una respuesta positiva al tratamiento antiparasitario. El peso vivo promedio fue de 51.61 kg ($\pm$ 6.64), lo que indica un estado nutricional general adecuado en los animales evaluados. En cuanto a la condición corporal, se obtuvo una media de 2.40 unidades ($\pm$ 0.42), lo que corresponde a un rango intermedio, entre regular y bueno, coherente con animales bajo pastoreo extensivo, pero con control antiparasitario efectivo.

La puntuación media de FAMACHA© fue de 2.70 ($\pm$ 0.68), lo que sugiere que la mayoría de los animales no presentaban signos clínicos graves de anemia, y en su mayoría se encontraban en un estado subclínico o leve. Este hallazgo se ve reforzado por el valor medio del hematocrito, que fue de 35.65 % ($\pm$ 5.62), indicando una adecuada oxigenación sanguínea y un estado fisiológico general favorable. En conjunto, estos resultados sugieren que el tratamiento con closantel fue eficaz para reducir la parasitosis por nematodos gastrointestinales (NGI) y contribuyó a preservar los parámetros fisiológicos dentro de rangos saludables en las cabras evaluadas.

VII. CONCLUSIÓN

El tratamiento con closantel evidenció un efecto positivo en la reducción de la carga parasitaria por nematodos gastrointestinales (NGI) desde los diez días posteriores a su aplicación, manifestado en una disminución notable en el número de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras bajo sistema de pastoreo extensivo. Esta reducción se mantuvo con cargas promedio por debajo de 700 HPG durante al menos 82 días. Lo anterior posiciona al closantel como una herramienta útil para el control estratégico de NGI en condiciones extensivas.

Adicionalmente, se registró una mejora en los niveles de hematocrito, lo cual sugiere una recuperación parcial del estado hematológico de los animales tras el tratamiento.

El tratamiento con closantel no produjo mejoras significativas en otras variables fisiológicas y productivas, como el peso vivo (PV), la FAMACHA y la condición corporal (CC), lo que indica que su efecto se concentró principalmente en parámetros parasitológicos y hematológicos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Caballero, A., Cámara, R., Torres, J., Sandoval, C. (2011).** El control de los nematodos gastrointestinales en caprinos: ¿dónde estamos?. *BioAgroCiencias*. 4 (2); 10-16. URL: file:///C:/Users/andre/Downloads/ArticuloBioAgroCiencias-2011%20(2).pdf.
- Akira, S., Uematsu, S., y Takeuchi, O. (2006).** Pathogen recognition and innate immunity. *Cell*. 124:783-801. DOI: 10.1016/j.cell.2006.02.015.
- Barger IA, Siale K, Banks DJD, Le Jambre LF. (1994).** Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment. *Veterinary Parasitology*; volumen 53; 109–116. DOI: 10.1016/0304-4017(94)90023-X.
- Barré, N., Amouroux, I., Aprelon, R., Samut, T. (1997).** Résistance des strongles gastrointestinaux aux anthelminthiques dans les élevages caprins en Guadeloupe (Antilles françaises). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 50(2); 105-110. DOI: 10.19182/remvt.9579.
- Barrera O.T., Sagarnaga L. M., Leticia Myriam, Salas J. M., Leos J.A., Lavallo R.S. (2018).** Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. *Mundo agrario*. 19(40); 1-77. DOI: 10.24215/15155994e077.
- Barry, A., Pandey, V., Bah, S., Dorny, P. (2002).** Etude épidémiologique des helminthes gastro-intestinaux des caprins en Moyenne Guinée. *PATHOLOGIE PARASITAIRE*. 55 (2); 99-104. file:///C:/Users/andre/Downloads/dbastia,+EMVT02_099_104.pdf.
- Bassetto, C.C., Picharillo, M.E., Newlands, G.F.J., Smith, W.D., Fernandes, S. Siqueira, E.R., Amarante, A.F.T. (2014).** Attempts to vaccinate ewes and their lambs against natural infection with *Haemonchus contortus* in a tropical environment. *International Journal for Parasitology*. Volumen 44; 1049-1054. DOI: 10.1016/j.ijpara.2014.07.007.

- Bautista, C., Castañeda, G., Estrada, Z., Soares, F., Ventura, J., González, P., Morgan, E., Soria, J., López, G., Aguilar, L. (2022).** A Review of the Impact of Climate Change on the Epidemiology of Gastrointestinal Nematode Infections in Small Ruminants and Wildlife in Tropical Conditions. *MDPI (Pathogens)*.11 (2); 1-13. DOI: 10.3390/pathogens11020148.
- Bautista, C., y Aguilar, M. (2022).** *Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (Pleurotus spp.) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural* (pág.329-337). Laberintos Ediciones. URL: https://www.researchgate.net/publication/361243521_Generalidades_de_las_infecciones_parasitarias_por_nematodos_gastrointestinales_NGI_en_ovinos_y_alternativas_de_control.
- Besier RB, Kahn LP, Sargison ND, Van Wyk JA. (2016).** The Pathophysiology, ecology and epidemiology of *Haemonchus contortus* infection in small ruminants. *Advances in Parasitology*; volumen 93; 95-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.02.022>.
- Besier, R.B., Smith, W.D., 2014.** A new approach to the control of barbers pole worm. In: Proc. Conf. Aust. Sheep Veterinarians (Perth, Australia, Mayo de 2014), pág. 11-16.
- Butler, W. R. (2000).** Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*. Volumen 70 (3); 481–486. DOI: 10.1016/s0378-4320(00)00076-2.
- Coles, G., Bauer, C., Borgsteede, F., Geerts S., Klei, T., Taylor, M., Waller, P. (1992).** World Association for the advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*. Volumen 44; 35-44. DOI: 10.1016/0304-4017(92)90141-U.
- Craig TM. (2018).** Gastrointestinal nematodes, diagnosis and control. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 34(1); 185-199. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.008.

- Estrada-Reyes ZM, Tsukahara Y, Amadeu RR, Goetsch AL, Gipson TA, Sahlu T. (2019).** Signatures of selection for resistance to *Haemonchus contortus* in sheep and goats. *BMC Genomics*; 20(735):1-14. DOI: 10.1186/s12864-019-6150-y.
- FAO. (2011).** Mapeo de la oferta y la demanda de alimentos de origen animal hasta 2030. Documento de trabajo sobre producción y salud animal n. ° 2. (FAO: Roma, Italia). URL: www.fao.org/3/i2425e/i2425e00.htm.
- FAOSTAT. (2022).** Base de datos de estadísticas de FAOSTAT. División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Ghosh, C. P., Datta, S., Mandal, D., Das, A. K., Roy, D.C., Roy, A. and Tudu, N. K. (2019).** Body condition scoring in goat: Impact and significance. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7(2): 554-56.
- Gibson, T.E., Parfitt, J.W. (1972).** The effect of age on the development by sheep of resistance to *trichostrongylus colubriformis*. *Research in Veterinary Science*. 13: 529-35. DOI: 10.1016/S0034-5288(18)33968-7.
- Gioffredo J.J. y Petryna A. (2010).** Caprinos: Generalidades, nutrición, reproducción e instalaciones. Universidad Nacional de Río Cuarto; 1-20. URL: https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_ovina/ovina_y_caprina_curso_fav/122-curso_UNRC.pdf.
- Gwaze FR, Chimonyoa M, Dzamab 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*. Volumen 84; 132-4. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2009.06.013.
- Habela, M., Sevilla, R.G., Corchero, E., Fruto, J.M. y Peña, J. (2002).** Mundo Ganadero, Mayo 2002. Parasitología y Enfermedades Parasitarias, Facultad de Veterinaria de Cáceres, Universidad de Extremadura, España. www.produccion-animal.com.ar.

- Hoste H y Chartier C. (1997).** Perspectives de lutte contre les strongyloses gastrointestinales. *Le Point Vétérinaire*. Volumen 28:181-1187.
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Quijada J, Chan-Perez I, Dakheel MM, Kommuru DS . (2016).** Interactions Between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Advances in Parasitology*. Volumen 93; 239- 351. DOI:10.1016/bs.apar.2016.02.025.
- Hoste, H., Sotiraki S., Yan, S., Jackson, F., Beveridge, I. (2010).** Goat-Nematode interactions: think differently. *Trends in Parasitology*. 26 (8). 376-379. DOI: 10.1016/j.pt.2010.04.007.
- Jabbar, A., Zahid, M., Ashraf M., Zameer, A., Sajjad. H., Nasiru, M., Ullah, A., Imran. M., Zaman, M., Ishfaq, H. (2022).** Effects of Ferula asafétida, closantel, albendazole, oxfendazole, and ivermectin against *Haemonchus contortus*. *Tropical Animal Health and Production*. Volumen 54; 1-9. DOI: 10.1007/s11250-022-03111-z.
- Kotze, A., y Prichard, R. (2016).** Anthelmintic Resistance in *Haemonchus contortus*: History, Mechanisms and Diagnosis. *Advances in Parasitology*. Volumen 93; 398-419. DOI: 10.1016/bs.apar.2016.02.012.
- Kumar, S. (2021).** Haemato biochemical and FAMACHA score in goats suffering from hematophagus nematodes and it's therapeutic management by herbal anthelmintic. Bihar Animal Sciences University. <https://basu.org.in/wp-content/uploads/2022/05/Dr-Sudhir-Kumar.pdf>.
- Lanusse, C.E., Guillermo, L.V., Alvarez, L.I., (2009).** Anticestodal and antitrepatodal drugs. In: Riviere, J.E., Papich, M.G. (Eds.), *Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. , 9th ed. Wiley-BlackwellAmes, pág. 1104–1106.
- Larsen, M., (1999).** Biological control of helminths. *International Journal for Parasitology*. Volumen 29 (1); 139–146. DOI: 10.1016/S0020-7519(98)00185-4.

- Levine N. (1980).** Trichostrongyles. In: Nematode parasites of domestic animals and of man. Minneapolis: Burgess Publishing Company; 1980. p. 135–221.
- López, G., Zaragoza, A., Olmedo, A., Rosenfeld, C., Rivero, N. (2023).** Gastrointestinal nematodes in sheep and their anthelmintic resistance. A subject under discussion in Mexico. *JOURNAL OF THE Selva Andina Animal Science*. 10(2); 116-129. DOI: 10.36610/j.jsaas.2023.100200116.
- Loyacano, A.f., Williams, J.C., Gurie, J., De Rosa, A.A. (2002).** Effect of gastrointestinal nematode and liver fluke infections on weight gain and reproductive performance of beef heifers. *Veterinary Parasitology*. 107(3): 227 – 234. DOI: 10.1016/S0304-4017(02)00130-9.
- Mancilla-Montelongo M.G., Torres- Acosta J. F. G., Ayala-Burgos A. J. 2022.** Dosis, excesos y reacciones adversas del closantel en ovinos y caprinos en México. *Bioagrociencias*. 15(1): 39-48.
- Medzhitov, R. y Janeway Jr., C.A. (2002).** Innate Immune Recognition. Annual Review of Immunology. *Annu. Rev.Immunol.* Volumen 20; 197-210. DOI: 10.1146/annurev.immunol.20.083001.084359.
- Meeusen, N., Balic, A., Bowles, V. (2005).** Cells, cytokines and other molecules associated with rejection of gastrointestinal nematode parasites. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. Volumen 1(2); 121-125. DOI: 10.1016/j.vetimm.2005.07.002.
- Michel, J.F. (1985).** Strategies for the use of anthelmintics in livestock and their implications for the development of drug resistance. *Parasitology*. Volumen 90; 621-628. DOI: 10.1017/S0031182000052276.
- Miller, J.E., Horohov, D.W. (2006).** Immunological aspects of nematode parasite control in sheep. *Journal of Animal Science*. Volumen 84; 124 - 132. DOI: 10.2527/2006.8413_supple124x.

- Morant, C. (2016).** Evaluación de la eficacia del antihelmíntico Closantel con diferentes fechas de caducidad contra nematodos gastrointestinales en ovinos infectados naturalmente. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2016/abril/0743132/0743132.pdf>.
- Olivas Salazar R., Aguilar Caballero A. J., Estrada Angulo A., Mellado M., Castro Pérez B. I., Ruiz Zárate F., Gutiérrez Blanco E. (2019).** FACTORS ASSOCIATED TO GASTROINTESTINAL NEMATODES INFECTIONS IN DAIRY GOATS GRAZING ON SEMI-ARID RANGELANDS OF NORTHEASTERN MEXICO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22 (2019): 585-594.
- Olivas-Salazar R., Estrada-Angulo A., Mellado-Bosque M., Aguilar-Caballero A. J., Castro-Pérez B. I., Gutiérrez Blanco E., Ruiz-Zárate F. (2018).** Prevalence of gastrointestinal nematode infections in goat flocks on semi-arid rangelands of northeastern Mexico on semi-arid rangelands of northeastern Mexico. *Trop Anim. Health and Prod.* 50: 807-813.
- Olivas-Salazar R., Ruiz-Zárate F., Ventura-Rios J., Mellado-Bosque M., González-Garduño R. (2025).** Resistencia a Ivermectina en Nemátodos gastrointestinales de cabras en pastoreo del noreste de México. XIII Congreso Nacional de Parasitología Veterinaria. Boca del Rio, Ver. 24-26 de septiembre 2025. Asoc. Mex. de Parasitol. Vet. A. C. FedMVZ. Pág. 161.
- Ortiz, C. M., Torres., J. F., Ojeda, N.F., Gonzáles, L., Muñoz, S. A. (2002).** Manejo Integrado de Parásitos en Pequeños Rumiantes. *Bioagrobiencias.* 15 (2); 1-8. URL: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/viewFile/4463/1930>.
- Ploeger HW y Everts RR. (2018).** Alarming levels of anthelmintic resistance against gastrointestinal nematodes in sheep in the Netherlands. *Veterinary Parasitology.* Volumen 15; 262: 11-15. DOI: 10.1016/j.vetpar.2018.09.007.
- Praveen, K. Sunny; Manjula, R. Gnana; Swetha, T.; Deepthipriya, B.; Revathi, D.; Srikanth, N. R.; Mutha Rao, M. (2024).** *An update on body condition scoring (BCS)*

system in cattle production and reproduction management. International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry, 9(5), 219–220. DOI: 10.22271/veterinary.2024.v9.i5d.1689.

Risa, D., Mamo, G., Waktole, H., Haile, G. (2024). Goats are more susceptible to *Haemonchus contortus* infection than sheep under similar experimental settings. Scientific Reports. Volumen 14 (1).DOI: 10.1038/s41598-024-74112-1.

Robi, d.t., Mossie, t., teMteMe, s. (2023). Eukaryotic infections in dairy calves: Impacts, diagnosis, and strategies for prevention and control. *Vet Med (Auckl)*, 14: 195 – 208. DOI: 10.2147/vmrr. s442374.

Rodríguez-Vivas, R.I., Grisi, I., Pérez de León, A.A., Silva Villela, H., Torres-Acosta, J.F., Fragoso Sánchez, H., Romero Salas, D., Rosario Cruz, R., Saldierna, F., García Carrasco, D. (2017): Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8(1); 61 – 74. DOI: 10.22319/rmcp. v8i1.4305.

Rossanigo, C. y Page, W. (2017). Evaluación de FAMACHA en el control de nematodos gastrointestinales en cabras de San Luis (Argentina). *Revista de investigaciones Agropecuarias*. 43 (3); 239-246. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86454121010>.

Ruiz-Zarate, F., Olivas-Salazar, R., Ozuna, A., Ramos, V., Aguilar-Caballero, A. (2013). Resistencia antihelmíntica en cabras Boer y Murciano granadina en un sistema de producción mixto en Saltillo Coahuila, México. *La contribución del Sector Pecuario a la Seguridad Alimentaria*. Volumen 1; 799-802.

SADER. (23 de marzo de 2024). Promueve agricultura intercalado de caprinos para mejorar productividad y resiliencia al medio ambiente [Comunicado]. Gobierno de México. «La caprinocultura es una de las actividades productivas más representativas en las comunidades rurales de la Comarca Lagunera, debido a su importante derrama económica».URL: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/promueve-agricultura->

intercalado-de-caprinos-para-mejorar-productividad-y-resiliencia-al-medio-ambiente?idiom=es

Schallig HDFH (2000). Immunological responses of sheep to *Haemonchus contortus*. *Parasitology*. 120(7); 63-72. DOI: 10.1017/s003118209900579x.

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (28 de noviembre de 2017). La caprinocultura en México. URL: Gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>.

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Caprino Población ganadera (2023) Cabezas. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. file:///C:/Users/andre/Downloads/Inventario%202023%20Caprino.pdf.

SIAP y SAGARPA. (2015). Centro de Estadística Agropecuaria. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta 1980-2013. (SIACON). Versión 38.0. México, D.F.

Strydom, t., Lavan, R.P., Torres, s., Heaney, K. (2023). The economic impact of parasitism from nematodes, trematodes and ticks on beef cattle production. *Animals (Basel)*. 13(10); 1599. DOI: 10.3390/ani13101599.

Tabel J. A. (2011). Alternatives au traitement chimiotherapeutique des strongyloses gastro-intestinales des ovins: bilan et perspectives. These pour obtenir le grade de docteur veterinaire. Ecole Nationale Veterinaire de Toulouse. Pág. 1-231. URL: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04554958v1/document>.

Vandiest, P. (2014). La résistance aux anthelminthiques. *Revue ovine et caprine*. 48 (3); 8-11. URL: <https://www.ficow.be/ficow.site/wp-content/uploads/Res48.pdf>.

Vercruysse J, Charlier J, Van Dijk J, Morgan ER, Geary T, von Samson-Himmelstjerna G, Claerebout E. (2018). Control of helminth ruminant infections by 2030. *Parasitology*. Volumen 145; 1655 - 1664. DOI: 10.1017/S003118201700227X.

Waller, P. (2006). Sustainable nematode parasite control strategies for ruminant livestock by grazing management and biological control. *Animal Feed Science and Technology*. Volumen 126; 277-289. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2005.08.007.

Zajac, A. (2002). "Controlling Goat parasites: Is it a losing battle". Goat connection.com.31. Retrieved. 09.09.2025, obtenido de: http://goatconnection.com/articles/publish/printer_112.shtml.

Zapata R., Velásquez R., Herrera L. V., Ríos L., Polanco D. (2016). Prevalencia de Nematodos Gastrointestinales en Sistemas de Producción Ovina y Caprina bajo Confinamiento, Semiconfinamiento y Pastoreo en Municipios de Antioquia, Colombia. *Prevalencia de nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de Antioquia*. Volumen 27; 2; 344-354. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v27n2/a17v27n2.pdf>.

IX. CONSULTAS EN PÁGINAS WEB

Página web 1. <https://www.nuestro-mexico.com/Coahuila-de-Zaragoza/Salttillo/Agua-Nueva/>. (09, octubre, 2025).

Página web 2. <https://mexico.pueblosamerica.com/i/agua-nueva/> (09, octubre, 2025).

Página web 3. <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-coahuila-de-zaragoza/vegetacion-coahuila.html> (07, octubre, 2025).

Página web 4. https://www.elclima.com.mx/ubicacion_y_clima_de_saltillo.html (28, agosto, 2025).

Página web 5. <https://coahuila.gob.mx/> (06, octubre, 2025).

Página web 6. https://zoovetesmipasion.com/ovinos/enfermedades-ovinas/parasitos-en-ovinos/#Parasitos_en_Ovinos (09, octubre, 2025).

Página web 7. https://www.google.com.mx/search?q=precipitaci%C3%B3n+anual+promedio+en+saltillo%2C+coahuila+&sxsrf=ALiCzsYh4GwmVk0JL_CN7z01a9wML33rsA%3A1660237246142&ei=vjX1YvGmCNyykvQP8bqlgA8&ved=0ahUKEwjx_bHaob_5AhVcmYQIHXFdCfAQ4dUDCA4&uact=5&oq=precipitaci%C3%B3n+anual+promedio+en+saltillo%2C+coahuila+&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBQghEKABMgUIIRCgAToHCAAQRxCwAz oECCMQJzoECAAQQzoKCAAQsQMQgwEQQzoFCAAQgAQ6CAgAEIAEELEDogolABCABBCHAhAUOgslABCABBCHAhCxAXAUOgclABCxAXBDoggIABCABBDJAzoGCAAQHhAWOgkIABAeEMkDEBY6CAghEB4QFhAdOgclIRCgARAKSgQIQRgASgQIRhgAUPozWPTKAWDm2AFoB3ABeACAAawBiAHNM5IBBDauNTOYAQCgAQHIAQjAAQE&scient=gws-wiz (08, octubre, 2025).

Página web 8. Condición corporal en ovinos. <https://www.agrositio.com.ar/noticia/62154-condicion-corporal-en-ovinos> (08, octubre, 2025).

Página web 9. FAMACHA© guía de anemia. <https://www.dorper.mx/articulos/detalle/famacha-guia-de-anemia> (08, octubre, 2025).

Página web 10. Caprinos | Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (edomex.gob.mx) (08, octubre, 2025).

Página web 11.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655389/Inventario_2020_caprino.pdf
(08, octubre, 2025).

Página web 12. <https://www.tutiempo.net/clima/06-2019/ws-763900.html> (08, octubre, 2025).