

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**Eficacia del levamisol para controlar nematodos gastrointestinales
en cabras mestizas manejadas bajo pastoreo extensivo en Saltillo,
Coahuila**

Por:

JHOANA CRUZ MONTES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**Eficacia del levamisol para controlar nematodos
gastrointestinales en cabras mestizas manejadas bajo pastoreo
extensivo en Saltillo, Coahuila**

Por:

JHOANA CRUZ MONTES

TESIS

**Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

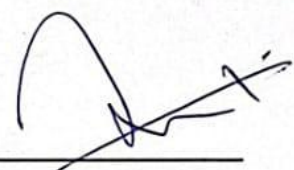


Dr. Fernando Ruiz Zárate

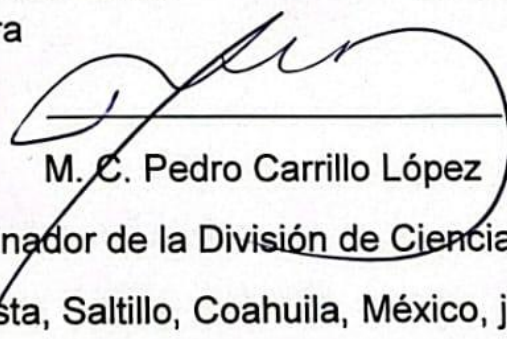
Director



Dra. Raquel Olivas Salazar
Codirectora



Dr. Joel Ventura Ríos
Asesor



M. C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, junio 2026



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a **Dios** por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida, por darme fortaleza, sabiduría, salud y la oportunidad de cumplir una de mis mayores metas. Gracias por guiarme en cada paso, darme esperanza en los momentos difíciles y nunca soltar mi mano durante este camino.

A mis padres, **Yolanda y Miguel Ángel** por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio realizado, por creer siempre en mí y por impulsarme a seguir adelante aun en los momentos más difíciles. Todo lo que soy también es gracias a ustedes.

A mis hermanas, **Arlett y Alexia Alin** por su cariño, apoyo y compañía a lo largo de esta etapa. Gracias por motivarme, escucharme y estar presentes en los momentos buenos y difíciles. Su amor y confianza han sido muy importantes para mí.

A mis **abuelos**, por su cariño, consejos y apoyo incondicional. Gracias por sus palabras de aliento, por sus enseñanzas y por acompañarme con amor a lo largo de esta etapa tan importante de mi vida.

A mi novio, **Luis Jairo** por estar a mi lado durante este proceso, por su paciencia, comprensión, amor y apoyo incondicional. Gracias por motivarme a seguir adelante, por escucharme en los momentos de estrés y cansancio, y por recordarme siempre que era capaz de lograrlo. Tu compañía fue fundamental para llegar hasta aquí.

A mis amigos, **Luz García, Yatzuri Galmich, Yael Vargas, Abner Castellanos, Lessly Corpus, Ramiro López** por compartir conmigo momentos inolvidables durante esta etapa universitaria, por las risas, el apoyo, las experiencias y las palabras de ánimo en los momentos difíciles. Gracias por hacer este camino más ligero y especial, los quiero demasiado.

A mi **alma mater**, por abrirme sus puertas y formarme académica y profesionalmente. Gracias por brindarme los conocimientos, experiencias y aprendizajes que me ayudaron a crecer tanto en lo personal como en lo profesional.

Al **Dr. Fernando Ruiz Zárate** por su orientación, paciencia y dedicación como asesor de tesis. Gracias por compartir sus conocimientos y por contribuir de manera importante a mi formación académica y al desarrollo de este trabajo.

A la **Dra. Raquel Olivas Salazar** por sus enseñanzas, apoyo y compromiso como profesora y codirectora. Gracias por su disposición, orientación y valiosas aportaciones durante la realización de esta investigación.

Al **Dr. Joel Ventura Ríos** por compartir sus conocimientos y experiencia, así como por su apoyo y orientación académica como profesor y codirector de este trabajo.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo primeramente a Dios, porque sin el nada de esto habría sido posible. Gracias por iluminar mi camino, por darme fuerzas cuando sentía que ya no podía continuar, por sostenerme en los momentos de duda y por bendecirme con la oportunidad de alcanzar esta meta tan importante en mi vida. Gracias por cada enseñanza, cada prueba y cada bendición que me permitieron crecer no solo profesionalmente, sino también como persona. Este logro es una muestra de que tus tiempos son perfectos y de que nunca me dejaste sola.

También me dedico este logro a mí misma, por todo el esfuerzo, las lágrimas, el cansancio, las desveladas y los sacrificios que hubo detrás de cada página escrita. Por tener la valentía de seguir adelante aun cuando el camino parecía difícil, por no rendirme y por creer en mí incluso en los momentos de incertidumbre. Hoy puedo decir con orgullo que cada obstáculo valió la pena y que soy capaz de cumplir todo aquello que me proponga con dedicación y perseverancia.

A mis padres, por ser mi ejemplo de vida, mi mayor apoyo y la razón principal de cada uno de mis sueños. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio realizado para verme salir adelante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la humildad. Todo lo que soy y todo lo que he logrado es también gracias a ustedes.

A mis hermanas, por ser parte fundamental de mi vida, por acompañarme en cada etapa y por brindarme siempre su cariño, apoyo y confianza. Gracias por estar presentes en los momentos buenos y difíciles y por motivarme a seguir adelante.

Y a mi novio, por llegar a mi vida y acompañarme durante este proceso tan importante. Gracias por tu amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por escucharme, motivarme y hacerme sentir capaz de lograr esta meta aun en los momentos más complicados. Tu compañía hizo este camino mucho más especial.

CURRICULUM VITAE

La autora nació el 14 de noviembre del 2003 en Jilotepec, Estado de México.

AÑO	INSTITUCIÓN
2018-2021	Estudios de preparatoria: Escuela Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Jilotepec, Estado de México.
Semestre Agosto-Diciembre 2025	Prácticas Profesionales: Granja la Mesita. Colón, Querétaro.
2021-2025	Estudios de Licenciatura: Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, junio de 2026

DECLARO QUE:

Bajo protesta de decir verdad, declaro que la presente tesis titulada **“Eficacia del levamisol para controlar nematodos gastrointestinales en cabras mestizas manejadas bajo pastoreo extensivo en Saltillo, Coahuila”** es un trabajo original, elaborado de manera personal, y que no contiene material previamente publicado por otros autores sin el debido reconocimiento de la fuente correspondiente. Asimismo, afirmo que todas las ideas, datos, citas textuales y referencias bibliográficas utilizadas han sido debidamente citadas conforme a los lineamientos académicos establecidos.

De igual manera, manifiesto que este trabajo no ha sido presentado total ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional en esta u otra institución. Asumo la responsabilidad total sobre el contenido de la presente investigación y me comprometo a respetar los principios de ética académica y honestidad intelectual.

Para los fines legales y académicos que correspondan, firmo la presente declaratoria.

Atentamente



Jhoana Cruz Montes

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos	5
1.1.1. Objetivo general.....	5
1.1.2. Objetivos específicos.....	5
1.1.3. Hipótesis	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Caprinocultura	7
2.2. Producción caprina en México.....	7
2.3. Nematodos gastrointestinales (NGI).....	8
2.4. Principales NGI que afectan a los caprinos	9
2.5. Características de los NGI que afectan a los caprinos.....	10
2.6. Ciclo biológico de los NGI	13
2.6.1. Fase exógena.....	13
2.6.2. Fase endógena.....	14
2.7. Transmisión de los NGI	17
2.8. Diagnóstico de los NGI.....	18
2.8.1. Examen macroscópico:	18
2.8.2. Frotis directo:.....	18
2.9. Métodos de concentración o enriquecimiento:	19
2.10. Signos y tratamientos para el control de los NGI en cabras	21
2.10.1. Benzimidazoles (BZ).....	22
2.10.2. Imidazotiazoles (IMZ).....	22
2.10.3. Lactonas macrocíclicas (LM).....	23
2.10.4. Salicilanilidas	23
2.11. Que son los Antihelmínticos	25
2.12. Uso de Antihelmínticos en NGI	25

2.13.	El levamisol en cabras	25
2.14.	Mecanismo de acción del levamisol contra NGL.....	26
2.15.	Toxicidad del levamisol	26
2.16.	Resistencia antihelmíntica	27
2.17.	Resistencia antihelmíntica en cabras.....	27
2.17.1.	Desparasitación selectiva (FAMACHA).....	28
2.17.2.	Manejo del pastoreo	29
2.17.3.	Estrategia nutricional basada en una dieta proteica	30
2.17.4.	Plantas con actividad antihelmíntica	30
2.17.5.	Vacunación.....	31
2.17.6.	Selección genética de animales resistentes	31
2.17.7.	Método integrado de control	31
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1.	Área de estudio.....	33
3.2.	Localización del área de estudio	33
3.3.	Vegetación	34
3.4.	Clima	34
3.5.	Manejo de los animales y tratamientos	35
3.6.	Muestras de heces.....	36
3.7.	Conteo de huevos de nematodos gastrointestinales.....	37
3.8.	Condición corporal	37
3.9.	FAMACHA©	38
3.10.	Hematocrito	38
3.11.	Peso corporal	38
3.12.	Análisis estadístico.....	38
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1.	Condición corporal.....	41
4.2.	FAMACHA©.....	42
4.3.	Número de huevos por gramo de heces.	44
4.4.	Peso corporal.....	46
4.5.	Hematocrito.....	48

4.6. Conteo de HPG de nematodos gastrointestinales.....	49
V. CONCLUSIONES	52
VI. LITERATURA CITADA.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Géneros de nemátodos gastrointestinales que afectan a los caprinos y órgano digestivo donde se alojan.	10
Cuadro 2. Principales características de los NGI que afectan a los caprinos.	11
Cuadro 3. Principales familias de antihelmínticos empleados en medicina veterinaria.	24
Cuadro 4. Correlaciones de Pearson entre HPG, hematocrito (HEMAT), FAMACHA®, condición corporal (CC) y peso vivo (PV) en cabras sin y con tratamiento con levamisol.	39
Cuadro 5. Media, desviación estándar (DE), análisis de Chi-cuadrada y significancia estadística de la condición corporal en cabras sin y con tratamiento con levamisol.	41
Cuadro 6. Media, desviación estándar (DE), análisis de Chi-cuadrada y significancia estadística de las puntuaciones FAMACHA® en cabras sin y con tratamiento con levamisol.	43
Cuadro 7. Media, error estándar de la media (EE) y significancia estadística del conteo de huevos por gramos de heces (HPG), HPG transformados [$\log_{10}(n+1)$], peso corporal y hematocrito en cabras sin y con tratamiento con levamisol.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fase endógena y exógena del ciclo de vida de los nematodos gastrointestinales que afectan a los pequeños rumiantes.	15
Figura 2. Ciclo de vida general de los nematodos gastrointestinales que afectan a los caprinos.	16
Figura 3. Cuerpo de un nematodo gastrointestinal.	17
Figura 4. Escala gráfica descriptiva. Las fotografías que acompañan a la escala son sugestivas de animales en estados variables de infestación parasitaria.	29
Figura 5. Esquema representativo de la integración de los principales métodos de control de nematodos gastrointestinales dirigidos a los distintos blancos evolutivos del parásito en sus fases endógena y exógena del ciclo biológico.....	32
Figura 6. Ubicación del área de estudio.....	33

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Temperatura ambiental media y precipitación pluvial media anual registradas en el municipio de Saltillo, Coahuila en el año 2019.....	35
Gráfica 2. Tendencia del recuento de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras mestizas sin y con tratamiento antihelmíntico.	49
Gráfica 3. Cambios de peso corporal de las cabras sin y con tratamiento antihelmíntico de levamisol al inicio, en la fase intermedia y al final del estudio.	47

RESUMEN

En el municipio de Saltillo, Coahuila, al norte de México (25° 11' 31" LN y 101° 05' 33" LO), se evaluó la eficacia del levamisol para reducir el número de huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales (NGI). Para ello, 30 cabras encastadas de razas europeas y Boer y con un peso promedio inicial de 42.48 ± 8.49 kg se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos experimentales. A las cabras del tratamiento 1 ($n = 15$) se les administró como placebo, por vía intramuscular, 5 mL de una solución salina al 0.9%, y a las cabras del tratamiento 2 ($n=15$) se les aplicó un antihelmíntico a base de levamisol inyectable vía intramuscular a razón de 7.5 mg kg^{-1} de peso vivo. De manera simultánea, se realizó un muestreo individual completo de todos los animales, el cual incluyó muestras de heces fecales, registro de peso corporal, la obtención de muestras de sangre, la evaluación de anemia mediante la escala FAMACHA® (FAM) y la determinación de la condición corporal (CC). Los muestreos completos se realizaron en tres momentos: al inicio (día 1), en la fase intermedia (día 42) y al final del estudio (día 84). Entre cada uno de estos muestreos únicamente se efectuó la recolección de muestras fecales para determinar el conteo de huevos por gramo de heces de NGI, mediante la técnica de McMaster. Para el análisis estadístico, los HPG se transformaron mediante $\text{Log}_{10}(n + 1)$, con el propósito de normalizar la distribución de los datos. Las variables no paramétricas (FAM y CC), fueron analizadas mediante las pruebas de Kruskal-Wallis y Wilcoxon. Por otra parte, para el análisis de las variables peso corporal, hematocrito y HPG, se utilizó el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS. La FAM y CC no mostraron diferencias atribuibles a la administración del levamisol. Los valores promedio de CC fueron de 2.50 para ambos tratamientos mientras que los valores de FAM fueron de 2.77 y 3.00 para los tratamientos sin y con levamisol, respectivamente. El levamisol redujo significativamente ($p = 0.002$) el conteo de huevos, registrándose valores de 1369.6 y 886.7 HPG para los tratamientos sin y con levamisol, respectivamente. Por otra parte, el hematocrito no presentó alteraciones entre tratamientos. En cuanto al peso corporal, se observaron diferencias significativas ($p = 0.017$), con promedios de

47.93 y 44.22 kg para los tratamientos sin y con levamisol, respectivamente. El levamisol fue efectivo para reducir el conteo de huevos de NGI en cabras.

Palabras clave: Antihelmíntico; Resistencia antihelmíntica; cabras

ABSTRACT

In the municipality of Saltillo, Coahuila, northern Mexico (25° 11' 31" N and 101° 05' 33" W), the efficacy of levamisole in reducing gastrointestinal nematode (GIN) egg counts per gram of feces (EPG) was evaluated. Thirty crossbred goats of European and Boer lineage, with an average initial body weight of 42.48 ± 8.49 kg, were randomly assigned to two experimental groups. Goats in treatment 1 (n = 15) received 5 mL of a 0.9% saline solution administered intramuscularly as a placebo, whereas goats in treatment 2 (n = 15) were treated intramuscularly with injectable levamisole at a dose of 7.5 mg kg^{-1} body weight. Simultaneously, a complete individual sampling of all animals was conducted, including fecal sample collection, body weight recording, blood sampling, anemia assessment using the FAMACHA® scale (FAM), and body condition score (BCS) evaluation. Complete samplings were performed at three time points: at the beginning of the study (day 1), during the intermediate phase (day 42), and at the end of the experimental period (day 84). Between these sampling periods, only fecal samples were collected to determine GIN egg counts per gram of feces (EPG) using the McMaster technique. For statistical analysis, EPG values were transformed using $\text{Log}_{10}(n + 1)$ to normalize data distribution. Non-parametric variables (FAM and BCS) were analyzed using Kruskal–Wallis and Wilcoxon tests. Body weight, hematocrit, and EPG data were analyzed using the PROC GLM procedure of the SAS statistical package. FAM and BCS were not affected by levamisole administration. Mean BCS values were 2.50 and 2.50, whereas FAM scores were 2.77 and 3.00 for treatments without and with levamisole, respectively. Levamisole significantly reduced ($p = 0.002$) fecal egg counts, with EPG values of 1369.6 and 886.7 for treatments without and with levamisole, respectively. Hematocrit values did not differ between treatments. Significant differences in body weight were observed ($p = 0.017$), with mean values of 47.93 and 44.22 kg for treatments without and with levamisole, respectively. Levamisole was effective in reducing GIN egg counts in goats.

Keywords: Anthelmintic; Anthelmintic resistance; goats

I. INTRODUCCIÓN

Las cabras se consideran una especie doméstica de las más antiguas, esto se debe a que han estado asociadas con el ser humano desde hace aproximadamente 10,000 años. La producción caprina representa una actividad de gran importancia tanto para pequeños como para grandes productores, debido a que proporciona ingresos económicos y diversos beneficios a la población. Además de su aporte en la producción de carne y leche, las fibras obtenidas de esta especie han sido utilizadas en la elaboración de vestimenta desde hace más de 4,000 años, lo que evidencia su relevancia histórica, económica y cultural (Zeder y Hesse, 2000).

Además, las cabras presentan una notable capacidad de adaptación a diversas condiciones geográficas y climáticas, incluyendo ambientes extremos y altamente desafiantes (Banerjee *et al.*, 2014). De igual manera, la producción caprina desempeña un papel relevante en familias de escasos recursos que habitan en zonas rurales, ya que representa una importante fuente de sustento económico y alimentario, contribuyendo al mejoramiento de su calidad de vida y seguridad alimentaria (Ben Salem y Smith, 2008).

Una de las principales desventajas de la producción caprina es la susceptibilidad de los animales a diversas enfermedades, entre las que destaca el parasitismo gastrointestinal, especialmente las infecciones ocasionadas por nematodos. Estas enfermedades representan una de las principales limitantes sanitarias en la producción caprina a nivel mundial (Zaros *et al.*, 2010), debido a que los nematodos son organismos que parasitan el sistema gastrointestinal de las cabras ocasionando múltiples alteraciones clínicas y productivas, entre las que destacan la pérdida de peso, deterioro de la condición corporal, disminución en la producción de leche y carne, abortos, diarreas, anemia e incluso la muerte de los animales en casos severos (Rahman *et al.*, 2017).

Actualmente, existe una creciente población de parásitos con resistencia antihelmíntica (RA), fenómeno atribuido a múltiples factores. Entre las principales causas destacan la elevada frecuencia de desparasitaciones, el uso indiscriminado de

antiparasitarios y la escasa o nula rotación de principios activos, prácticas que favorecen la selección y proliferación de poblaciones parasitarias resistentes (Fiel *et al.*, 2001). En general, las dosis de fármacos antihelmínticos utilizadas en caprinos suelen establecerse con base en las recomendaciones desarrolladas para ovinos y bovinos. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que, en la especie caprina, la absorción de estos fármacos es menor en comparación con otros rumiantes, además de que presentan una metabolización y eliminación más rápidas. Estas diferencias fisiológicas pueden reducir la eficacia de los tratamientos antihelmínticos cuando se emplean dosis convencionales no ajustadas para cabras (Anziani y Fiel, 2015).

En este contexto, el presente estudio tiene como finalidad los siguientes:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar la eficacia del levamisol como antihelmíntico en cabras encastadas manejadas bajo pastoreo extensivo en vegetación nativa, en una comunidad ejidal del municipio de Saltillo, Coahuila en el semidesierto del norte de México.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la carga parasitaria por NGI en cabras antes y después de la administración de levamisol, mediante el conteo de huevos por gramo de heces (HPG).
- Evaluar la reducción de la carga parasitaria por NGI posterior a la aplicación de levamisol, mediante la comparación de los valores de HPG obtenidos antes y después del tratamiento.

- Evaluar el efecto del tratamiento con levamisol sobre algunos parámetros sanitarios y productivos de las cabras, incluyendo condición corporal (CC), hematocrito (%), escala FAMACHA© (FAM), peso corporal (kg)

1.1.3. Hipótesis

- La administración de levamisol reducirá significativamente la carga de huevos fecales de nematodos gastrointestinales (HPG) y favorecerá la mejora del peso corporal, condición corporal, FAMACHA© y hematocrito de las cabras.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Caprinocultura

La Caprinocultura es una especialidad de la zootecnia dedicada al manejo productivo de la especie *Capra hircus*, orientada a la obtención de diversos productos de importancia económica, entre los que se incluyen la leche, la carne, el pelo, la piel y el estiércol como abono agrícola orgánico (Devendra y McLeroy, 1986).

Desde el punto de vista zootécnico, las cabras poseen características que favorecen su desempeño productivo, como la capacidad de aprovechar una amplia gama de recursos forrajeros y arbustivos de baja calidad nutricional, su capacidad para desplazarse a largas distancias, un corto intervalo generacional, elevada prolificidad, alta eficiencia energética en la producción láctea y una notable adaptación a zonas marginales, además de un marcado comportamiento gregario (Lebbie, 2004).

No obstante, la expresión de su potencial productivo se ve condicionada por limitaciones asociadas al uso inadecuado de razas, deficiencias en los sistemas de producción, estrategias poco eficaces en el manejo de los recursos naturales, debilidades en los sistemas de comercialización y un limitado apoyo institucional (Devendra, 2001).

2.2. Producción caprina en México

Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles hace más de 400 años y las razas que se producen son la Alpina, Boer, Anglonubia, Saanen, Toggenburg y la Criolla (SADER, 2017).

En México la producción de cabras se encuentra principalmente en la región árida y semiárida del país, lugares donde se encuentra una mayor escasez de agua, por lo tanto, prevalece más la sequía (Echavarría *et al.*, 2006).

Diversas entidades federativas han mostrado un alto rendimiento en la producción de carne caprina, sobresaliendo particularmente Puebla con 7,413.07 toneladas, lo que representa el 15.4 % de la producción nacional, superando a Oaxaca con el 12 %, San Luis Potosí con el 10.5 %, Guerrero con el 7.9 % y Zacatecas con el 6.1 % (SIAP, 2021). El gobierno del estado de Coahuila (2009) menciona que la comarca Lagunera está siendo el área más importante en la producción de leche caprina donde se cuenta aproximadamente con 9 mil unidades productoras de leche que pertenecen a pequeños productores es decir el 37.2 % del total nacional, seguido por Durango con el 21%, Guanajuato con el 16.8%, Nuevo León con el 9.9%, Jalisco con el 3.7% y Zacatecas con el 3.2% (SADER, 2018).

De acuerdo con la estadística correspondiente al cierre de 2018, el principal productor de leche de cabra en México es el estado de Coahuila, con un total de 44 mil 957 miles de litros, en segundo lugar, se encuentra Guanajuato, con una producción de 43 mil 767 miles de litros de leche durante el mismo periodo y en tercer lugar se ubica Durango, en donde la producción de leche de cabra fue de 25 mil 688 miles de litros. Por otra parte, Zacatecas se consolida como el mayor productor de carne en canal con 4,495 toneladas, superando a Coahuila, Puebla, Oaxaca y Guerrero (SAGARPA, 2015).

2.3. Nematodos gastrointestinales (NGI)

En la industria ganadera, especialmente en los sistemas de producción extensivos ubicados en regiones de clima templado y tropical, es fundamental considerar que una de las principales causas de pérdidas productivas y económicas está asociada con las enfermedades ocasionadas por nematodos gastrointestinales (Craig, 2018). Estos nematodos gastrointestinales los podemos identificar como una especie de gusanos en forma cilíndrica que se encuentran habitando el tracto digestivo de los pequeños rumiantes. Los parásitos adultos machos y hembras copulan y las hembras producen una gran cantidad de huevos que salen al mismo tiempo que las heces de los animales y es aquí en donde se desarrollan larvas que llegan a infectar (L3) y contaminar los

pastos, de esta forma es donde los animales se infectan al consumir el pasto que está contaminado con larvas (Roeber et al., 2013).

Algunos de los problemas que presentan con frecuencia los animales infectados son: la reducción de su crecimiento, la pérdida de peso, un mal funcionamiento intestinal, reducción de la producción de leche, el crecimiento de la fibra (pelo) es reducido y de una mala calidad, se presentan diarreas, anemias e incluso muertes súbitas.

2.4. Principales NGI que afectan a los caprinos

Las infecciones con NGI son una gran limitante para la producción de los caprinos, ya que las pérdidas económicas, son el resultado de un descenso de producción, además de los costos que producen los tratamientos y la muerte de los animales infectados (Miller y Horohov, 2006).

En México no se encontró ningún estudio que evaluara la pérdida económica provocada por nematodos en pequeños rumiantes. Sin embargo, el elevado costo de los tratamientos antihelmínticos y la alta frecuencia de los mismos indica que el problema parasitario alcanza magnitudes muy elevadas; además, de la alta mortalidad que se presenta en animales parasitados y la baja productividad en el rebaño, que son indicadores innegables del alto costo que se paga por la presencia de NGI y otros parásitos (Bowman, 2019).

En el cuadro 1 se muestra el órgano digestivo donde se localizan los principales géneros de nematodos gastrointestinales que afectan a los caprinos.

Cuadro 1. Géneros de nemátodos gastrointestinales que afectan a los caprinos y órgano digestivo donde se alojan.

Localización	Género
Abomaso	<i>Haemonchus</i>
	<i>Teladorsagia</i>
	<i>Ostertagia</i>
	<i>Trichostrongylus</i>
Intestino delgado	<i>Cooperia</i>
	<i>Trichostrongylus</i>
	<i>Nematodirus</i>
	<i>Bunostomum</i>
	<i>Strongyloides</i>
Intestino grueso	<i>Oesophagostomum</i>
	<i>Trichuris</i>

(Aguilar-Caballero *et al.*, 2008)

2.5. Características de los NGI que afectan a los caprinos

En el cuadro 2 se observa la distribución de los principales géneros de nematodos gastrointestinales de acuerdo con la parte del sistema digestivo que afectan en los caprinos, destacando una mayor presencia de géneros parasitarios en el abomaso y el intestino delgado.

Cuadro 2. Principales características de los NGI que afectan a los caprinos.

Localización	Género	Hematófago	Región más común	Signos y síntomas clínicos	Impacto productivo
Abomaso	<i>Haemonchus</i> spp.	Sí	Tropical y subtropical; climas cálidos y húmedos	Anemia severa, mucosas pálidas, edema submandibular, debilidad, pérdida de peso, mortalidad	Muy alto
	<i>Teladorsagia</i> spp.	No	Regiones templadas y frías	Diarrea intermitente, hipoproteinemia, retraso en crecimiento, baja condición corporal	Alto
	<i>Ostertagia</i> spp.	No	Regiones templadas	Diarrea crónica, anorexia, hipoproteinemia, pérdida de peso	Alto
	<i>Trichostrongylus</i> spp.	No	Templadas húmedas	Diarrea oscura, deshidratación, debilidad, pérdida de peso	Moderado–alto
Intestino delgado	<i>Cooperia</i> spp.	No	Tropicales templadas	Diarrea leve, pérdida de peso, retraso productivo	Moderado

	<i>Trichostrongylus</i> spp.	No	Húmedas templadas	y	Diarrea, anorexia, debilidad	Moderado
	<i>Nematodirus</i> spp.	No	Templadas y frías		Diarrea severa, deshidratación, retraso en crecimiento (principalmente en cabritos)	Alto
	<i>Bunostomum</i> spp.	Sí	Tropicales húmedas	y	Anemia, diarrea, dermatitis por penetración larvaria	Alto
	<i>Strongyloides</i> spp.	No	Tropicales subtropicales	y	Diarrea acuosa, debilidad, mortalidad en neonatos	Alto
Intestino grueso	<i>Oesophagostomum</i> spp.	No	Tropicales subtropicales	y	Diarrea crónica, pérdida de peso, nódulos intestinales	Moderado
	<i>Trichuris</i> spp.	No	Regiones húmedas		Diarrea mucosa o sanguinolenta, tenesmo, pérdida de peso	Moderado

(VanHoy, 2023)

2.6. Ciclo biológico de los NGI

Los parásitos que afectan a los caprinos se categorizan en dos grandes grupos:

- a) Parásitos externos (Ectoparásitos)
- b) Parásitos internos (Endoparásitos)

Los nematodos gastrointestinales son endoparásitos porque se localizan en órganos internos del organismo (estómago e intestinos). Es recomendable realizar muestreos constantes de heces en los animales, por lo menos una vez al mes, para identificar el comportamiento de las parasitosis y saber cuál es el momento exacto para administrarles algún tratamiento antiparasitario (Meeusen *et al.*, 2005). El ciclo biológico de estos parásitos es simple o directo, ya que no requiere la intervención de hospedadores intermediarios. Dicho ciclo se divide en una fase interna que ocurre en el sistema digestivo del hospedador, donde los parásitos adultos, tras reproducirse, producen huevos que son eliminados al exterior junto con las heces.

Posteriormente, se desarrolla una fase externa o de vida libre, durante la cual los huevos evolucionan y dan origen a larvas que atraviesan distintos estadios hasta alcanzar la larva de tercer estadio (L3), considerada la forma infectante. Estas larvas se desplazan hacia la vegetación de la pastura, donde permanecen a la espera de ser ingeridas por un nuevo hospedador (Soulsby, 1987).

La duración completa del ciclo varía entre 17 y 25 días, en función del género parasitario involucrado y de las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y la humedad (Aguirre *et al.*, 2000).

2.6.1. Fase exógena

El ciclo biológico inicia con la eliminación de huevos al medio ambiente a través de las heces del hospedador. Bajo condiciones adecuadas de temperatura y humedad, los huevos embrionan y eclosionan, dando origen a larvas de primer estadio (L1) entre el cuarto y sexto día. Posteriormente, las larvas evolucionan a segundo estadio (L2) y,

finalmente, a larvas de tercer estadio (L3), las cuales conservan la cutícula de L2, característica que les confiere mayor resistencia ambiental. Esta fase ocurre completamente fuera del hospedador y concluye con la presencia de larvas L3 infectantes en el pasto (Sanmiguel, 2008).

2.6.2. Fase endógena

La fase endógena comienza cuando los caprinos ingieren las larvas L3 durante el pastoreo o ramoneo. Una vez en el tracto digestivo, las larvas alcanzan el rumen, donde son estimuladas para desprenderse de su cutícula, proceso conocido como desenvainamiento. Posteriormente, migran al abomaso, donde penetran las fosas gástricas y continúan su desarrollo. Aproximadamente dos días después, las larvas emergen como larvas de cuarto estadio (L4) y, en un periodo similar, evolucionan a larvas de quinto estadio (L5), alcanzando la fase adulta. En esta etapa se produce la maduración del aparato reproductor, seguida de la reproducción sexual entre machos y hembras, lo que da lugar a una elevada producción de huevos fértiles. La ovoposición y posterior eliminación de los huevos al medio ambiente reinician el ciclo biológico (Nikolaou y Gasser, 2006).

Las figuras 1, 2 y 3 muestran el ciclo de vida (endógena y exógena), las etapas larvarias (infectante y no infectantes) de NGI.

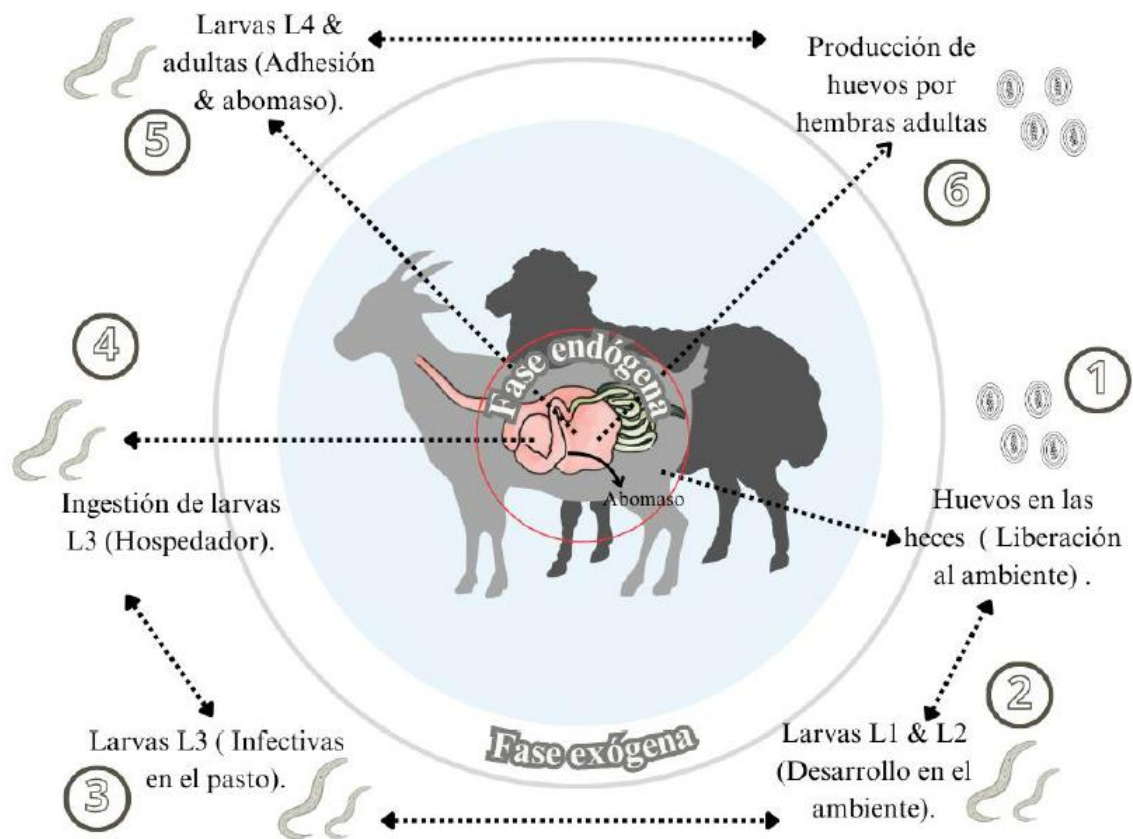


Figura 1. Fase endógena y exógena del ciclo de vida de los nematodos gastrointestinales que afectan a los pequeños rumiantes (Hernández et al., 2024).

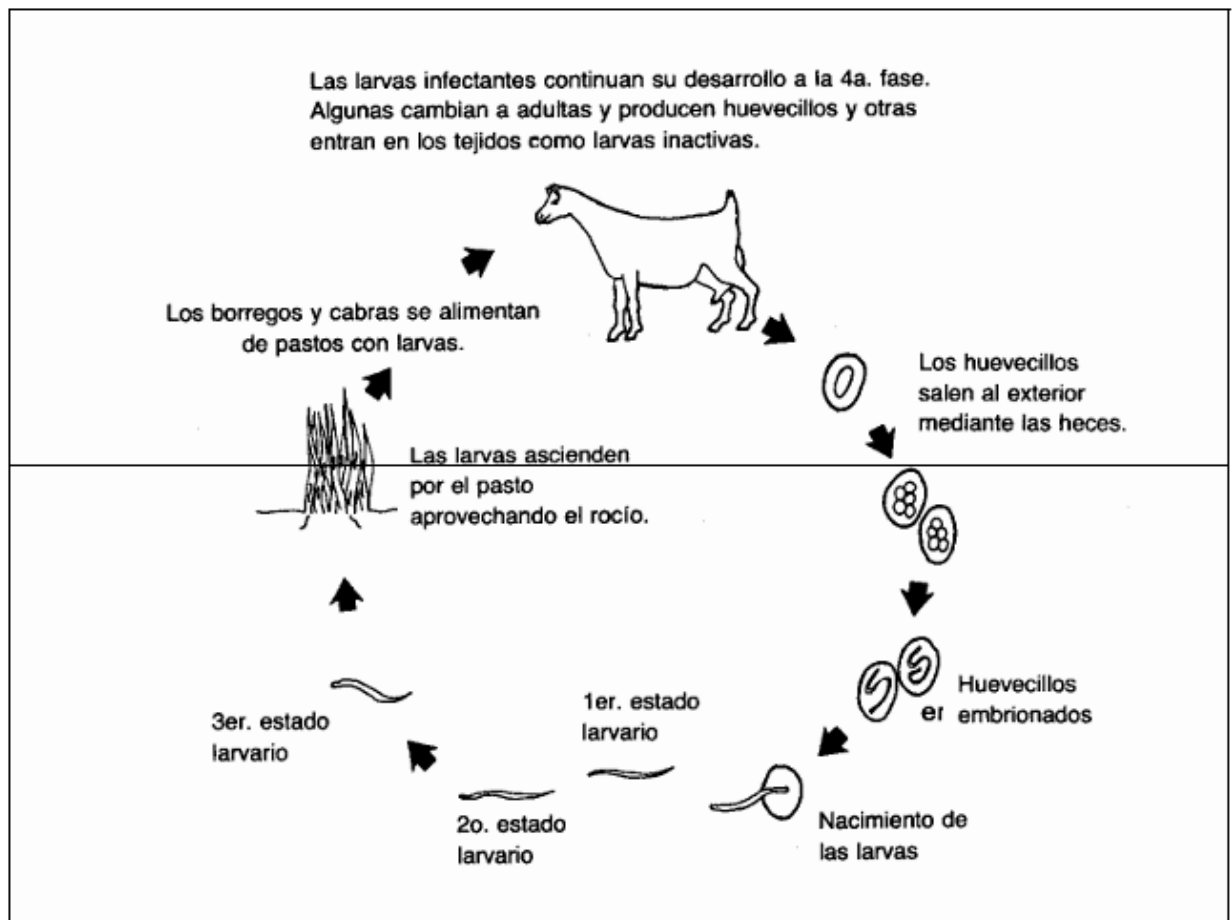


Figura 2. Ciclo de vida general de los nematodos gastrointestinales que afectan a los caprinos (Valcárcel et al., 2009).

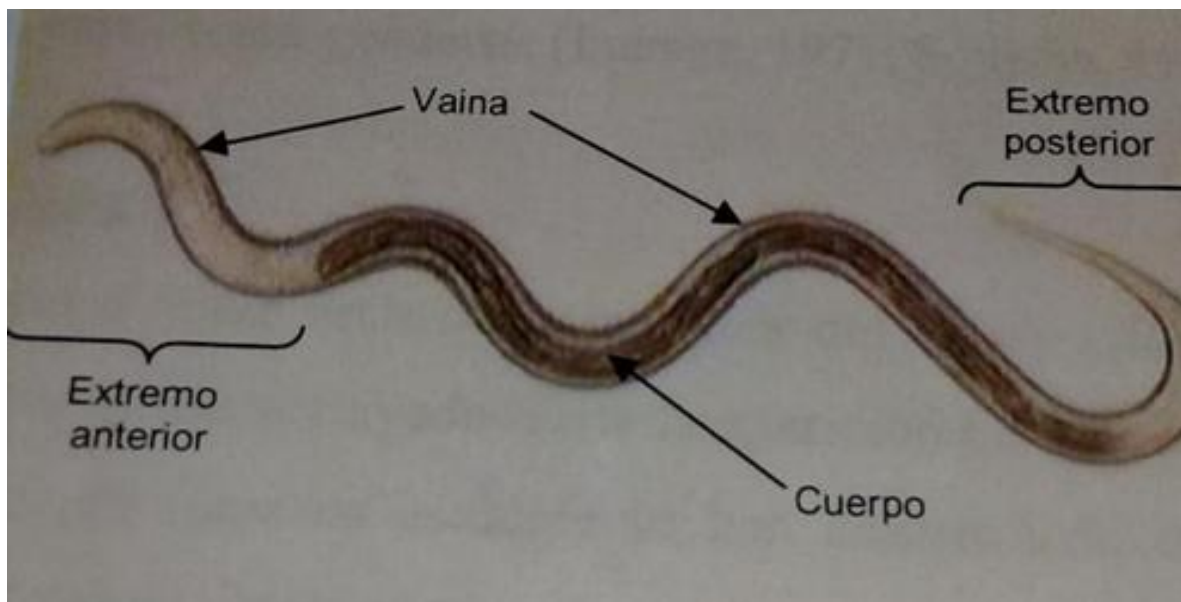


Figura 3. Cuerpo de un nematodo gastrointestinal (González, 2007).

2.7. Transmisión de los NGI

La diseminación de los nematodos gastrointestinales ocurre de forma directa y puede llevarse a cabo por distintas rutas, tales como la vía oral, la penetración a través de la piel y la transmisión lactogénica, las cuales constituyen las principales vías de acceso del parásito al hospedador. En este sentido, el consumo de forraje o agua contaminados con larvas en su tercer estadio (L3) representa la fuente más importante de infección (Coop y Kyriazakis, 1999). Una vez establecidos en el tracto digestivo del rumiante, los tricostrongílidos alcanzan la madurez sexual, momento en el cual los individuos de ambos sexos se reproducen, dando origen a la producción de huevos que son eliminados al exterior junto con las excretas. Estos huevos se dispersan en el ambiente, particularmente en las áreas de pastoreo, donde su eclosión y progresión larvaria hasta el estadio infectante dependen de factores ambientales como la temperatura, el pH y la humedad (Cordero y Rojo, 2000), además de las prácticas de manejo, las cuales pueden modificar el riesgo de infección en los animales susceptibles (Tariq *et al.*, 2008).

2.8. Diagnóstico de los NGI

El diagnóstico de las parasitosis gastrointestinales se realiza principalmente mediante los siguientes métodos:

2.8.1. Examen macroscópico:

Una porción de las heces diluidas en solución salina fisiológica (0,9%), sobre una placa Petri, se examina al ojo desnudo o con el auxilio de una lupa, se separan e identifican los trematodos adultos expulsados, los proglotis de cestodos y los nematodos adultos visibles (Cordero y Rojo, 2000).

Hendrix (1999) recomienda:

- La consistencia debe notarse si las heces son blandas, acuosas o muy duras.
- Los colores deben anotarse inusuales.
- La sangre puede indicar un parasitismo grave u otras enfermedades intestinales.
- El moco en las heces puede asociarse con parasitismo intestinal o un tipo de patología metabólica.
- Debe de anotarse si las heces tienen un aspecto antiguo y seco.
- Algunos parásitos macroscópicos son lo suficientemente grande para detectarlos a simple vista, los más comunes son los proglotis de los platelmintos, los gusanos redondos enteros y larvas de los artrópodos.

2.8.2. Frotis directo:

Este método es muy utilizado para el diagnóstico de los protozoarios intestinales, tanto en sus formas de trofozoítos como sus quistes. Igualmente, de gran ayuda para detectar diferentes helmintos, aunque en la práctica corriente en veterinaria, se utilizan para este último caso los métodos de flotación y sedimentación (Cordero y Rojo, 2000).

Vélez (1995) recomienda que:

- En una lámina colocar una gota de dilución salina fisiológica
- Con un palillo retirar partículas gruesas
- Mezclar la solución salina para obtener una película clara y poco gruesa.
- Colocar una laminilla sobre la suspensión
- Observar al microscopio con objetivo de 10X O 40X, de acuerdo al tamaño del parásito.

Frotis directo para quistes se utiliza en heces frescas y el lugol tiñe bien los quistes (Velez, 1995).

2.8.3. Métodos de concentración o enriquecimiento:

Las técnicas basadas en el principio de flotación funcionan bien con los huevos de nematodos y cestodos, y los quistes de protozoos, pero no consiguen hacer flotar algunos huevos de trematodos y destruyen los trofozoítos de los protozoos y algunas larvas de nematodos impidiendo que se puedan identificar (Bowman *et al.*, 2004).

2.8.3.1. Técnica de McMaster:

Esta técnica es cuantitativa y se utiliza para determinar el número de huevos por gramo de heces. También se emplea para las larvas de nemátodos o los ooquistes en las coccidias (Velez, 1995).

La técnica que recomienda Vélez (1995), es la siguiente:

- Pesar dos gramos de heces (tomadas directamente del recto).
- Depositar las heces en un tubo de ensayo.
- Agregar 28 mL de solución azucarada de Sheather.
- Agitar fuertemente hasta obtener su homogenización.
- Tamizar en una taza con colador o cedazo metálico corriente (calibre 80).

- Exprimir el sedimento que se encuentra en el cedazo por medio de una cuchara o espátula y luego botar dicho sedimento.
- Completar el tubo con la misma solución azucarada.
- Agitar nuevamente y tomar lo más pronto posible con un gotero o pipeta, parte de la suspensión. Llenar la cámara McMaster, la cual ha sido humedecida previamente con agua corriente, con el fin de evitar la presencia de burbujas.
- Esperar unos minutos para que se nivelen por completo los huevos, los ooquistes y/o las larvas.
- Hacer el conteo separadamente por géneros de parásitos, de las áreas demarcadas en la cámara, tanto de los huevos como de las larvas y los ooquistes.
- Contar por lo menos dos cámaras.
- Para hacer el recuento, Vélez (1995) propone la siguiente formula:

$$HPG = \frac{\text{Recuento total de huevos} \times 50}{\text{Número de cámaras}}$$

2.8.3.2. Técnica de Dennis:

Esta es más usada para determinar los huevos de trematodos como la *Fasciola hepatica*.

Esta técnica consiste en:

- Pesar dos gramos de heces recientes o conservadas en refrigeración hasta por 10 días.
- Colocarlos en un recipiente de vidrio o plástico con capacidad de 100 mL.
- Agregar 25 mL de solución detergente.
- Mezclar cuidadosamente con un agitador, pero sin formar espuma.
- Colocar un mL de capacidad.
- Lavar con solución detergente el recipiente que contenía las muestras; filtrar este líquido y luego agregarlo al tubo de 50 mL.
- Adicionar más solución detergente al sedimento de la malla hasta llenar el tubo.

- Dejar el tubo en reposo durante 5 y 10 minutos en promedio.
- Eliminar las tres cuartas partes del sobrenadante del líquido.
- Lavar el embudo con la solución detergente, agregársela al tubo.
- Llenar el tubo hasta el reborde con solución detergente.
- Dejar en reposos aproximadamente 10 minutos.
- Eliminar el sobrenadante del tubo, dejando unos 2 a 3 mL del sedimento.
- Agregar una o dos gotas de tintura de yodo y dejarla en reposo de dos a cinco minutos.
- Verter este contenido en una caja de Petri.
- Lavar el tubo con 5 mL de agua corriente y agregarlos a la caja de Petri.
- Mirar al estereoscopio y contar los huevos de *Fasciola*. Si la solución quedo muy teñida, añadir una o dos gotas de hidróxido de sodio.
- El número total de huevos de *Fasciola* se divide por 2 y dará el número de huevos por gramo (Velez, 1995).

2.9. Signos y tratamientos para el control de los NGI en cabras

Las cabras que padecen infecciones severas de NGI manifiestan signos clínicos muy notables como lo es:

- Diarrea
- Pérdida de peso
- Cuello de botella (edema mandibular)
- Anemia
- Debilidad
- Muerte (Caparrós *et al.*, 2005)

En la actualidad, el control de los problemas por NGI se basa en el uso de antihelmínticos (AH) comerciales como:

- Benzimidazoles (BZ)
- Imidazotiazoles (IMZ)
- Lactonas macrocíclicas (LM) (Holden-Dye y Walker, 2014).

2.9.1. Benzimidazoles (BZ)

Desde la década de 1950 se reconoce el potencial de los benzimidazoles (BZ), compuestos con amplia actividad farmacológica, destacando su efecto quimioterapéutico contra enfermedades parasitarias, así como acciones antifúngicas, antineoplásicas, cardiotónicas y analgésicas.

Actualmente, los benzimidazoles constituyen un grupo importante de antihelmínticos y se clasifican en **Tiazólicos** (tiabendazol, cambendazol), **Metilcarbamatos** (albendazol, mebendazol, albendazol, ciclobendazol, oxibendazol, luxabendazol, albendazol, riconbendazol, febendazol, oxibendazol, oxbendazol), **Halogenados** (triclabendazol) y **Pro-benzimidazoles** (tiofanato, febantel, netobimin).

Una característica relevante de estos compuestos es su baja solubilidad en agua, lo que limita su absorción y eficacia en rumiantes, con excepción de fármacos como febendazol, oxfendazol y tiabendazol. Por ello, la absorción y la biotransformación influyen directamente en su efectividad terapéutica (Lara *et al.*, 2003).

2.9.2. Imidazotiazoles (IMZ)

Estos compuestos se emplean ampliamente como desparasitantes debido a su alta eficacia frente a numerosas especies de nematodos. Las investigaciones iniciales sobre los imidazotiazoles datan de 1961, año en el que se informó el uso del tetramizol como el primer compuesto derivado de este grupo con elevada efectividad (López *et al.*, 2010). Los imidazotiazoles, como el levamisol, mantienen una buena eficacia antihelmíntica en diversos escenarios de campo y, en análisis comparativos recientes, han demostrado una mayor reducción en el conteo de huevos fecales en comparación

con algunos benzimidazoles. Por ello, el levamisol representa una alternativa terapéutica valiosa en sistemas de producción donde existe sospecha o evidencia de resistencia antihelmíntica a benzimidazoles o lactonas macrocíclicas. Diversos estudios de campo han documentado la eficacia superior de este grupo farmacológico en el control de nematodos gastrointestinales (Packianathan *et al.*, 2023).

2.9.3. Lactonas macrocíclicas (LM)

Las lactonas macrocíclicas (LM) son compuestos derivados de la fermentación de *Streptomyces* sp., con reconocida actividad antiparasitaria frente a nematodos y ectoparásitos, además de presentar otras acciones farmacológicas como efectos antimutagénicos y analgésicos (Zúñiga, 2015).

Este grupo incluye principalmente a las avermectinas, obtenidas de *Streptomyces avermitilis*, y a las milbemicinas, producidas por la fermentación de distintas especies fúngicas (Sumano y Ocampo, 1997). Las lactonas macrocíclicas son altamente eficaces contra estadios larvarios y adultos de nematodos gastrointestinales y pulmonares, logrando reducciones en la excreción de huevos en heces superiores al 96% (Lara *et al.*, 2003).

2.9.4. Salicilanilidas

Las salicilanilidas, como el closantel, presentan actividad principalmente contra nematodos hematófagos, especialmente *Haemonchus contortus*, por lo que constituyen una alternativa terapéutica o una opción de rotación en sistemas donde se han observado fallas en tratamientos con benzimidazoles (BZ) o lactonas macrocíclicas (LM).

En caprinos infectados con *H. contortus* resistente a benzimidazoles, se han reportado valores de eficacia cercanos al 96% mediante la prueba de reducción del conteo de huevos fecales (FECRT, por sus siglas en inglés) tras la administración de closantel. Estos resultados indican que el closantel mantiene una elevada eficacia frente a

especies hematófagas, siendo una herramienta útil en situaciones de resistencia antihelmíntica múltiple (Dixit *et al.*, 2019).

En el cuadro 3 se muestran las principales familias de antihelmínticos y algunos de principios activos que pertenecen a cada grupo, empleados en medicina veterinaria para el tratamiento y control de nematodos gastrointestinales.

Cuadro 3. Principales familias de antihelmínticos empleados en medicina veterinaria.

Familia	Nombre del antihelmíntico
Benzimidazoles	Albendazol
	Oxfendazol
	Febendazol
	Tiabendazol
Probenzimidazoles	Febantel
	Netobimin
	Tiofanato
Imidazotiazoles	Levamisol
Lactonas macrocíclicas	Ivermectina
	Doramectina
	Moxidectina
Salicilanilidas	Closantel

(Kotze y Prichard, 2016).

2.10. Que son los Antihelmínticos

Los antihelmínticos son fármacos utilizados para el tratamiento de infecciones causadas por helmintos, incluyendo nematodos, trematodos y cestodos. Con el fin de prevenir o retrasar la aparición de resistencia a estos medicamentos, se recomienda integrar un manejo zootécnico adecuado con una utilización racional y responsable de los antiparasitarios (MSSSI, 2014).

2.11. Uso de Antihelmínticos en NGI

Los tratamientos antihelmínticos constituyen la principal estrategia para el control de los nemátodos gastrointestinales en los caprinos; sin embargo, la aplicación frecuente y sin criterios técnicos de los fármacos antiparasitarios genera una fuerte presión de selección, lo que conduce a la disminución de su eficacia y al desarrollo de resistencia. Actualmente, el mercado veterinario dispone de una amplia variedad de antihelmínticos de amplio espectro. No obstante, dado que el control químico aún no puede ser reemplazado completamente por otras alternativas y que la aparición de resistencia a estos compuestos compromete la producción caprina en determinadas regiones del país, resulta indispensable replantear los programas de control vigentes y proponer nuevas estrategias orientadas a una producción sustentable (Kaplan, 2004).

2.12. El levamisol en cabras

Los imidazotiazoles (levamisol) actúan selectivamente como agonistas colinérgicos que son receptores nicotínicos de las membranas de las células musculares de los NGI, resultando en contracción muscular y parálisis espástica que es un trastorno motor (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

El levamisol es un antihelmíntico de acción sistémica perteneciente al grupo de los imidazotiazoles. Presenta un amplio espectro de actividad frente a los nematodos y se

caracteriza por su facilidad de administración, debido a su solubilidad en agua, así como por un margen de seguridad aceptable y la ausencia de efectos teratogénicos. Estas características han favorecido su utilización eficaz en diversas especies hospedadoras. Adicionalmente, este fármaco posee propiedades inmunoestimulantes (Velez, 1995).

2.13. Mecanismo de acción del levamisol contra NGI

La captación del fármaco por los parásitos ocurre a través de la cutícula. Dado que el levamisol actúa como un agonista colinérgico directo, interfiere en la neurotransmisión, provocando en los nematodos una parálisis espástica. Este mecanismo no ocasiona la muerte inmediata del parásito, sino que favorece su expulsión en estado viable. El efecto paralizante se debe a la acción colinérgica de los imidazotiazoles sobre los ganglios nerviosos de los parásitos susceptibles, fenómeno conocido como acción agonista nicotínica.

Los imidazotiazoles son eficaces frente a los estadios adultos de los nematodos gastrointestinales de los rumiantes y contra las formas larvarias maduras de los parásitos pulmonares; sin embargo, presentan escasa eficacia frente a larvas hipobióticas y no poseen actividad ovicida (Lara *et al.*, 2003).

2.14. Toxicidad del levamisol

La toxicidad del levamisol en el animal hospedador se relaciona principalmente con la prolongación de su mecanismo de acción antiparasitario, manifestándose mediante signos de tipo colinérgico como hipersalivación, temblores musculares, ataxia, micción, defecación y colapso. En los casos de intoxicación letal, la causa directa de la muerte suele ser la asfixia derivada de una insuficiencia respiratoria. La administración de sulfato de atropina puede contribuir a la atenuación de estos signos clínicos en el hospedador. Asimismo, el levamisol puede provocar inflamación localizada en el sitio

de aplicación subcutánea, la cual generalmente es transitoria (Claerebout y Lanusse, 2025).

2.15. Resistencia antihelmíntica

En la actualidad, la resistencia a los medicamentos antihelmínticos constituye una amenaza muy importante en el control de los parásitos nematodos. Se considera que hay resistencia cuando la efectividad de un fármaco cesa o disminuye.

La resistencia antihelmíntica (RA) se define como la reducción de la sensibilidad de las poblaciones parasitarias frente a una dosis de un fármaco que, en condiciones normales, sería capaz de eliminar a la mayoría de los parásitos (Mphahlele *et al.*, 2019). Cristel y Suárez (2006) describen a la RA como la capacidad heredable de los parásitos para sobrevivir a tratamientos con drogas antihelmínticas, que, a dosis terapéuticas, normalmente causan la inhibición del crecimiento o la muerte de los individuos de una población normal o susceptible. Se ha detectado RA en equinos en Argentina identificando pequeños estróngilos en adultos y *Parascaris spp* en potrillos, y en ambos. La ivermectina ha dado buenos resultados con estos nematodos (Anziani y Arduso, 2017).

El uso frecuente de antihelmínticos en ovinos (Ivermectina, levamisol, closantel, albendazole, nitroxinil) ha provocado el desarrollo de resistencia antihelmíntica en la región Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas (González-Garduño *et al.*, 2012).

2.16. Resistencia antihelmíntica en cabras

Las infecciones ocasionadas por nematodos gastrointestinales (NGI) representan una de las principales limitantes de la producción caprina, y su control se basa casi exclusivamente en el uso de antihelmínticos (Aguirre *et al.*, 2002).

Diversos estudios han demostrado que los caprinos presentan una mayor susceptibilidad a la infección por NGI en comparación con los ovinos, debido a una

mayor ingestión de larvas infectantes de tricostrongílidos bajo condiciones similares de pastoreo, así como a una menor capacidad para desarrollar una respuesta inmunológica protectora eficaz. Esta mayor susceptibilidad se traduce en impactos negativos significativos sobre los parámetros productivos. Aunque los tratamientos antihelmínticos continúan siendo la principal herramienta para el control de los NGI en caprinos, su uso intensivo, repetido y sin criterios técnicos adecuados ejerce una elevada presión de selección sobre las poblaciones parasitarias, favoreciendo la disminución de la eficacia terapéutica y el desarrollo de resistencia antihelmíntica (Kaplan *et al.*, 2004).

El progresivo desarrollo de la resistencia parasitaria a los antihelmínticos a nivel mundial ha puesto de manifiesto que estos fármacos, si bien son herramientas indispensables para el control de las parasitosis, constituyen un recurso no renovable, dado que la resistencia continúa expandiéndose y se mantiene de manera persistente en las poblaciones parasitarias (Márquez, 2003).

2.16.1. Desparasitación selectiva (FAMACHA)

El método FAMACHA constituye una herramienta de desparasitación selectiva basada en la evaluación del grado de anemia del animal mediante la observación de la coloración de la mucosa ocular, utilizando una tarjeta estandarizada (figura 4). Dicha tarjeta presenta una escala cromática de cinco categorías, que varían desde rojo intenso hasta pálido o blanquecino, y permite clasificar la pigmentación de la mucosa palpebral en una escala de 1 a 5 en ovinos (Kaplan *et al.*, 2004; Reyna-Fuentes *et al.*, 2023).

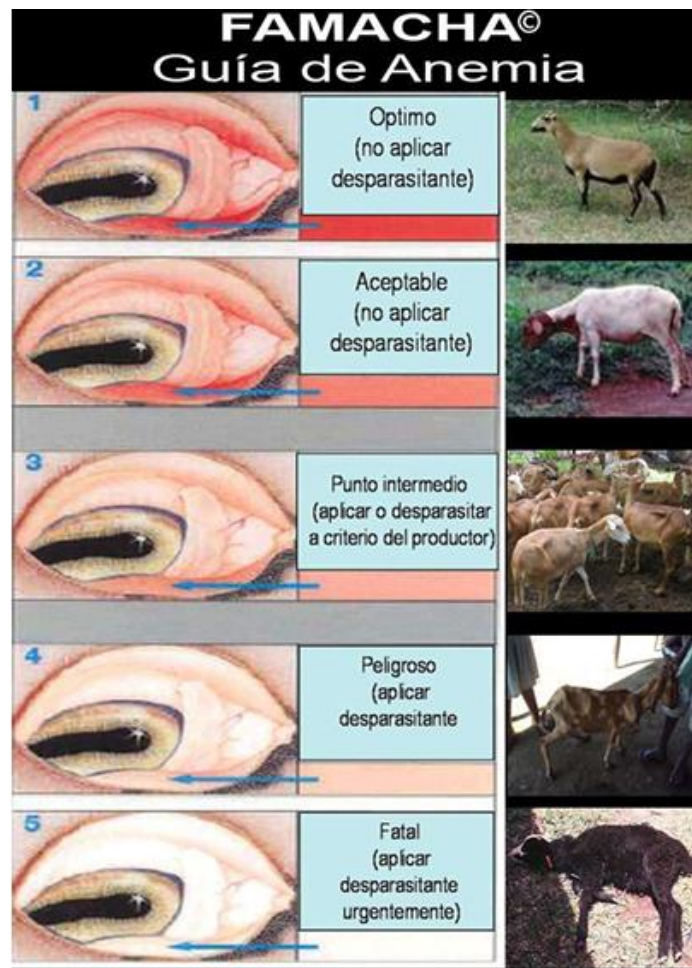


Figura 4. Escala gráfica descriptiva. Las fotografías que acompañan a la escala son sugestivas de animales en estados variables de infestación parasitaria (Elizondo-Salazar, 2009).

2.16.2. Manejo del pastoreo

El sistema de pastoreo rotacional (PR) consiste en la utilización temporal de un potrero por periodos aproximados de 3.5 días, seguidos de intervalos de descanso del forraje de alrededor de 31 días bajo condiciones tropicales, lo que permite una reducción significativa de los nematodos gastrointestinales (NGI) en caprinos (Barger *et al.*, 1994). Asimismo, otros estudios reportan reducciones de hasta 48.1 % en la población de larvas L3 presentes en las heces, además de mayores ganancias de peso en

animales manejados bajo esquemas de pastoreo rotacional respecto al pastoreo continuo. (Prasad *et al*, 2019).

2.16.3. Estrategia nutricional basada en una dieta proteica

Diversos estudios han evidenciado que la implementación de dietas formuladas para ser isoenergéticas e isoprotéicas puede desempeñar un papel importante en la prevención y el control de ciertas parasitosis. Un suministro adecuado y balanceado de energía y proteína favorece el mantenimiento de las funciones fisiológicas del hospedador y contribuye a limitar el establecimiento y desarrollo de los nematodos gastrointestinales (NGI). Asimismo, la calidad nutricional de la dieta, junto con una adecuada provisión de macro y micronutrientes esenciales, influye positivamente en el fortalecimiento del sistema inmunitario, mejorando la capacidad del animal para responder frente a la infección por nematodos y reducir su impacto productivo (Houdijk, 2005).

2.16.4. Plantas con actividad antihelmíntica

Las leguminosas forrajeras presentan una elevada concentración de metabolitos secundarios, tales como taninos condensados e hidrolizables, flavonoides y otros compuestos fenólicos, los cuales han sido ampliamente estudiados por su potencial como herramientas alternativas para el control de los nematodos gastrointestinales (NGI) (Lisonbee *et al.*, 2009). En México, diversas especies de leguminosas han demostrado efectos favorables en la reducción de las infecciones por NGI. En particular, estudios experimentales realizados bajo condiciones *in vitro* e *in vivo* han evidenciado que *Leucaena leucocephala* posee una significativa actividad antihelmíntica frente a NGI del ganado. Asimismo, especies del género *Acacia* contienen en sus tejidos foliares derivados del ácido hidroxicinámico, los cuales han mostrado una potente actividad ovicida *in vitro* contra *Haemonchus contortus*, *H. placei* y *Cooperia punctata*, lo que respalda su potencial incorporación en estrategias integradas de control parasitario (Olmedo-Juárez *et al.*, 2017).

2.16.5. Vacunación

Los antígenos (Ags) con potencial inmunoprotector, obtenidos a partir de aislamientos autóctonos de nematodos altamente patógenos, constituyen una estrategia alternativa y complementaria para el control de las nematodosis en rumiantes manejados bajo sistemas de pastoreo. El uso de aislamientos locales permite identificar Ags que reflejan la variabilidad genética y antigénica de las poblaciones parasitarias presentes en una región determinada, lo que incrementa la probabilidad de inducir una respuesta inmunitaria eficaz en los hospedadores (Bassetto *et al.*, 2014).

2.16.6. Selección genética de animales resistentes

La resistencia genética (RG) se define como la variabilidad intrapoblacional en la capacidad de los animales para desarrollar una respuesta inmunitaria eficiente, lo que se traduce en la aptitud de ciertos individuos para limitar la carga parasitaria y regular la evolución de una infección o proceso patológico (Preston *et al.*, 2014).

2.16.7. Método integrado de control

El control eficiente de los nematodos gastrointestinales (NGI) debe fundamentarse en el conocimiento de su ciclo biológico y en la identificación de los principales sitios donde se localizan sus distintos estadios de desarrollo (Sallé *et al.*, 2019). Estos parásitos se encuentran:

- a) En el hospedador, a nivel del tracto gastrointestinal, como larvas L4, estadios preadultos (L5) y adultos, así como en forma de huevos;
- b) En las heces, donde se desarrollan los estadios de huevo y las larvas preinfectantes (L1 y L2), además de las larvas infectantes (L3);
- c) En el ambiente, principalmente en el suelo el forraje, donde persisten las larvas L3.

Con base en esta distribución (figura 5), es necesario implementar estrategias integradas de control dirigidas a cada uno de estos compartimentos.

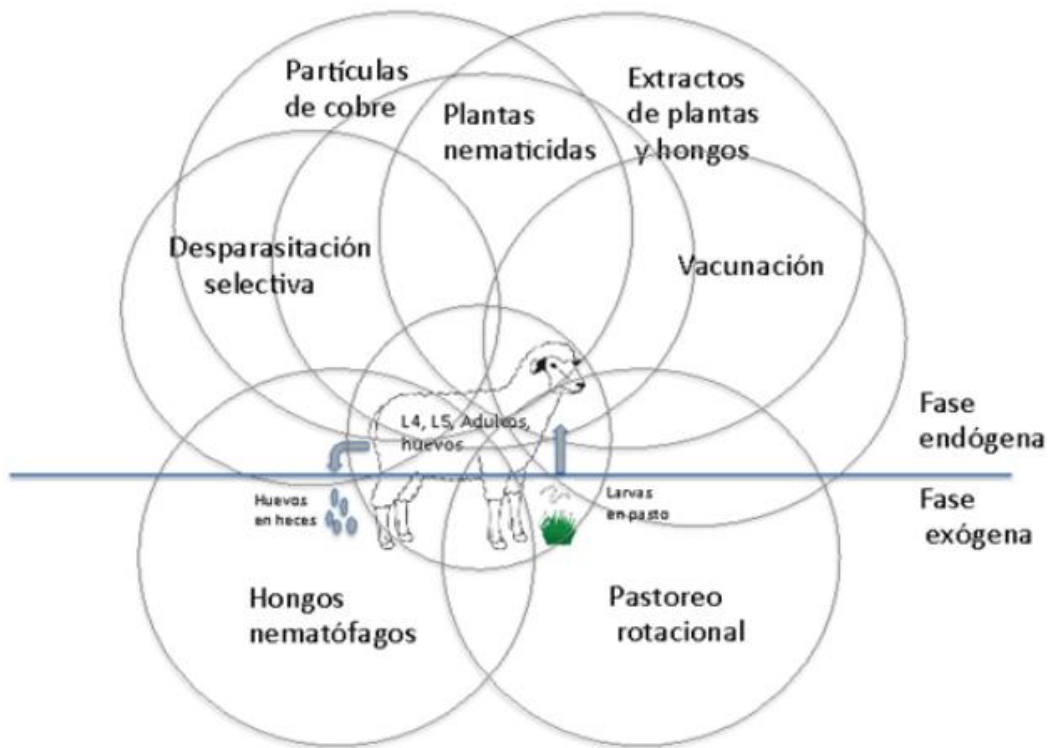


Figura 5. Esquema representativo de la integración de los principales métodos de control de nematodos gastrointestinales dirigidos a los distintos blancos evolutivos del parásito en sus fases endógena y exógena del ciclo biológico (Menzona De Gives *et al.*, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

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

3.2. Localización del área de estudio

El ejido Agua Nueva se localiza en las coordenadas: 25° 11' 31" LN y 101° 05' 33" LO, a una altura media de 1920 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una población de 1566 habitantes (En: <https://mexico.pueblosamerica.com/i/agua-nueva>).



Figura 6. Ubicación del área de estudio.

3.3. Vegetación

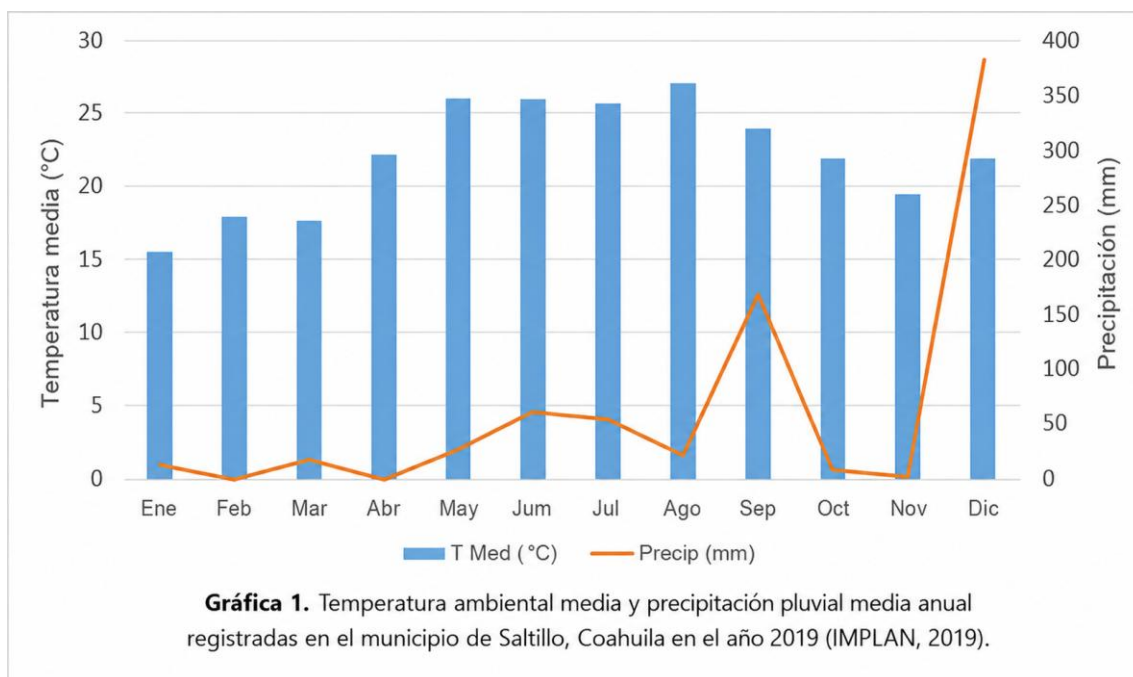
La vegetación es de tipo matorral desértico micrófilo, desértico rosetófilo y matorral crasicaule con opuntias e izotal. Predomina plantas como: la gobernadora (*Larrea tridentata*), el mezquite (*Prosopis juliflora*), mariola (*Parthenium incanum*) y el tasajillo (*Cylindropuntia leptocaulis*) (Villaseñor, 2016).

3.4. Clima

El clima predominante en el Ejido Agua Nueva es semiárido, caracterizado por condiciones relativamente secas que permiten el desarrollo de matorrales y pastizales. La temperatura media anual es de 16.3 °C, con valores extremos que van desde - 7.3 °C hasta 35.5 °C.

La precipitación media anual es de 625.4 mm, concentrándose principalmente en el mes de julio. En promedio, se registran 51 días despejados y 178 días con lluvia al año. El mes más frío es enero, con una temperatura media de 10.9 °C, mientras que junio es el más cálido, con 20.3 °C (En: <https://mexico.pueblosamerica.com/i/agua-nueva>)

La gráfica 1 muestra la temperatura y la precipitación pluvial media durante el año de 2019, cuando se llevó a cabo el presente experimento. Esto es importante considerarlo en el estudio ya que los factores climáticos afectan la prevalencia de NGI (Banerjee *et al.*, 2014).



Gráfica 1. Temperatura ambiental media y precipitación pluvial media anual registradas en el municipio de Saltillo, Coahuila en el año 2019 (IMPLAN, 2019).

3.5. Manejo de los animales y tratamientos

El estudio se realizó en un hato caprino conformado por 85 cabras manejadas bajo un sistema extensivo de pastoreo con encierro nocturno en corral.

Con el fin de determinar la prevalencia de nematodos gastrointestinales (NGI), el 16 de agosto de 2019, se realizó un primer muestreo de heces fecales 21 días previos al inicio del experimento (d 21 pre-tratamiento). Para ello, se tomaron muestras de heces de 42 cabras adultas, las cuales fueron analizadas mediante la técnica de McMaster para determinar el conteo de huevos por gramo de heces (HPG).

A las tres semanas posteriores del primer muestreo (día 1), de las 42 cabras muestreadas, se seleccionaron 30 que presentaron conteos de HPG; las cuales se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos experimentales de 15 cabras cada uno.

A las cabras del tratamiento 1 ($n = 15$) se les administró, por vía intramuscular, 5 mL de solución salina al 0.9 %, utilizada como placebo. Por otra parte, las cabras del tratamiento 2 ($n = 15$) recibieron levamisol inyectable por vía intramuscular a una dosis de 7.5 mg kg^{-1} de peso vivo.

Simultáneamente a la aplicación de los tratamientos, se realizó un muestreo individual completo de todos los animales experimentales, el cual incluyó: muestras de heces, muestras de sangre, registro de peso corporal, evaluación de FAMACHA© y determinación de la condición corporal.

Posteriormente, se realizaron muestreos de heces fecales cada 14 días para monitorear la dinámica de eliminación de HPG de nematodos gastrointestinales.

A mitad del estudio (día 42 post-tratamiento), se efectuó un segundo muestreo completo, incluyendo nuevamente toma de muestras de heces, muestras de sangre, registro de peso corporal, evaluación de FAMACHA© y condición corporal.

Los muestreos de heces continuaron realizándose cada 14 días hasta finalizar el periodo experimental.

Finalmente, al final del estudio (día 84 post-tratamiento), se llevó a cabo un tercer muestreo completo con las mismas variables evaluadas previamente.

Todos los muestreos se realizaron en el corral por la mañana (08:00 h), antes de que las cabras salieran al pastoreo, actividad que realizaban diariamente durante aproximadamente ocho horas (10:00–16:00 h).

3.6. Muestras de heces

Las muestras de heces fecales se recolectaron directamente del recto de cada cabra, 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 trasladadas al laboratorio de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde fueron refrigeradas y procesadas dentro de las siguientes 24 horas posteriores a su recolección.

3.7. Conteo de huevos 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, y el procedimiento realizado fue el 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 el número de huevos por gramo de heces (HPG).

3.8. Condición corporal

La condición corporal se determinó mediante la palpación de la región lumbar utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 correspondió a animales emaciados y 5 a animales obesos de acuerdo con Rossanigo y Page (2017).

3.9. FAMACHA©

La evaluación FAMACHA© se realizó mediante observación de la coloración de la mucosa ocular para estimar el grado de anemia asociado a infecciones por nematodos hematófagos, de acuerdo con la técnica descrita por Vargas (2006).

3.10. Hematocrito

Las muestras de sangre fueron extraídas por venopunción yugular, empleando tubos vacutainer que contenían anticoagulante EDTA. El hematocrito es el porcentaje de células sanguíneas que sugiere el estado anémico directo de los animales. La muestra es centrifugada en tubos capilares para la separación del suero y células. Se mide el porcentaje que representa el contenido de células (Morales *et al.*, 2008).

3.11. Peso corporal

El peso corporal se registró individualmente utilizando una báscula electrónica digital de plataforma con una capacidad máxima de 200 kg y una precisión mínima de 10 g.

3.12. Análisis estadístico

Para evaluar las variables no paramétricas (CC y FAMACHA©) se usó la prueba de Kruskal Wallis y Wilcoxon. Los datos de HPG se transformaron por medio de Log 10 (n+1) con la finalidad de homogenizar la variabilidad de los datos. Para evaluar las variables continuas: HPG, peso y hematocrito se usó Proc GLM. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (SAS, 2004).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 4 presenta las correlaciones de Pearson. En el grupo tratado con levamisol el hematocrito presenta una correlación negativa y significativa ($p < 0.05$) con HPG, lo que quiere decir que, si aumenta el número de huevos por gramo de heces, disminuye el porcentaje de células sanguíneas. Lo mismo sucedió entre la FAM y la CC ($p < 0.05$) lo que significa que, si aumenta la lectura FAMACHA® hacia la anemia, disminuye la categoría de CC hacia una calificación de emaciación. Estos resultados coinciden con Rossanigo y Page (2017).

Cuadro 4. Correlaciones de Pearson entre HPG, hematocrito (HEMAT), FAMACHA®, condición corporal (CC) y peso vivo (PV) en cabras sin y con tratamiento con levamisol.

Tratamiento 1-Sin levamisol					Tratamiento 2-Con levamisol			
	HEMAT	FAM	CC	PV	HEMAT	FAM	CC	PV
HPG	-0.027	0.12	-0.02	0.09	-0.34*	0.31*	-0.22	-0.06
HEMAT		-0.14	0.06	-0.15		-0.37*	0.40*	0.0004
FAM			-0.43*	-0.07			-0.41*	0.08
CC				0.60*				0.07

*Correlaciones significativas

El análisis de correlación de Pearson evidenció diferencias importantes en la asociación entre las variables evaluadas en las cabras tratadas y no tratadas con levamisol. En el tratamiento sin levamisol no se observaron correlaciones significativas entre HPG y las variables hematocrito, FAMACHA®, condición corporal o peso vivo, lo que podría indicar una menor sensibilidad de los indicadores clínicos frente a la carga parasitaria durante el periodo experimental. En contraste, en el grupo tratado con levamisol se presentó una correlación negativa significativa entre HPG y hematocrito ($r = -0.34$; $p < 0.05$), así como una correlación positiva entre HPG y FAMACHA® ($r = 0.31$; $p < 0.05$). Estos resultados sugieren que el incremento en la eliminación de

huevos estuvo asociado con una disminución del hematocrito y con peores puntuaciones FAMACHA©, lo cual es consistente con el efecto hematófago de *Haemonchus contortus*, considerado uno de los nematodos gastrointestinales más patógenos en pequeños rumiantes (Soliman *et al.*, 2024).

La relación negativa observada entre hematocrito y FAMACHA© ($r = -0.37$; $p < 0.05$) confirma la utilidad del método FAMACHA© como herramienta indirecta para identificar animales con anemia parasitaria. Estudios recientes han señalado que puntuaciones elevadas de FAMACHA© se asocian con menores valores de hematocrito y mayores cargas parasitarias, principalmente en infecciones por *H. contortus* (Maurizio *et al.*, 2023). Asimismo, el sistema FAMACHA© ha sido ampliamente recomendado como parte de programas de tratamiento selectivo dirigido debido a su utilidad práctica y bajo costo para monitorear animales susceptibles al parasitismo gastrointestinal (Hoste *et al.*, 2022).

Por otra parte, la correlación positiva significativa entre hematocrito y condición corporal en las cabras tratadas con levamisol ($r = 0.40$; $p < 0.05$) sugiere que los animales con mejor estado nutricional presentaron mejores parámetros hematológicos. Este resultado coincide con investigaciones recientes donde se reporta que animales con menor condición corporal tienden a presentar mayores cargas parasitarias y menores valores de hematocrito, debido al impacto negativo de los nematodos gastrointestinales sobre el estado fisiológico y productivo de los hospedadores (Quadros y Burke *et al.*, 2024).

En ambos tratamientos se encontró una correlación negativa significativa entre FAMACHA© y condición corporal ($r = -0.43$ y -0.41 ; $p < 0.05$), indicando que los animales con peores puntuaciones FAMACHA© tendieron a presentar menor condición corporal. Este comportamiento ha sido documentado en pequeños rumiantes parasitados, donde el deterioro del estado corporal se relaciona con anemia, reducción del consumo voluntario y menor eficiencia productiva ocasionada por los nematodos gastrointestinales (Hoste *et al.*, 2022).

4.1. Condición corporal

Como se observa en el cuadro 5, la condición corporal no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0.73$), observándose valores promedio similares en ambos grupos experimentales (2.50 ± 0.33 y 2.50 ± 0.28 , respectivamente). Asimismo, el análisis mediante Chi-cuadrada indicó ausencia de asociación significativa entre los tratamientos y la distribución de la condición corporal de las cabras ($\chi^2 = 0.655$). Estos resultados sugieren que la administración de levamisol no produjo cambios detectables sobre el estado corporal de los animales durante el periodo experimental.

Cuadro 5. Media, desviación estándar (DE), análisis de Chi-cuadrada y significancia estadística de la condición corporal en cabras sin y con tratamiento con levamisol.

Trat	Media	DE	P=.73	Chi	Chi cuadrada
T1-Sin levamisol	2.50	0.33		0.1978	0.655
T2-Con levamisol	2.50	0.28			

La ausencia de diferencias en condición corporal puede atribuirse a diversos factores. En primer lugar, la condición corporal es una variable que generalmente responde de manera lenta a cambios fisiológicos o productivos, especialmente en sistemas extensivos donde la disponibilidad y calidad del forraje influyen de forma importante sobre el balance energético de los animales (Hoste *et al.*, 2022). En consecuencia, aun cuando el tratamiento antihelmíntico pudiera haber contribuido a reducir parcialmente la carga parasitaria, el tiempo experimental pudo no haber sido suficiente para reflejar cambios notorios en las reservas corporales.

Además, los valores promedio observados indican que las cabras mantuvieron una condición corporal moderada durante el estudio, lo cual podría sugerir que el nivel de parasitismo presente no fue lo suficientemente severo para comprometer de manera importante el estado nutricional de los animales. Estudios recientes han señalado que

las infecciones subclínicas por nematodos gastrointestinales pueden afectar variables productivas y hematológicas antes de generar modificaciones evidentes en la condición corporal (Burke y Miller, 2020; Maurizio *et al.*, 2023).

Por otra parte, en sistemas de producción extensivos, la condición corporal también está influenciada por factores como la disponibilidad estacional de alimento, el estado fisiológico, la edad y la capacidad adaptativa de los animales al ambiente semiárido, lo que puede disminuir la sensibilidad de esta variable como indicador temprano de parasitismo gastrointestinal (Torres-Acosta *et al.*, 2012). En este sentido, algunos autores han sugerido complementar la evaluación de condición corporal con indicadores más sensibles, como FAMACHA, hematocrito y HPG, para mejorar el monitoreo sanitario de pequeños rumiantes bajo condiciones de pastoreo.

4.2. FAMACHA©

En el cuadro 6 los valores promedio de FAMACHA© no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0.136$), aunque numéricamente el grupo tratado con levamisol presentó una puntuación ligeramente mayor (3.00 ± 0.56) en comparación con el grupo sin tratamiento (2.77 ± 0.56). De igual forma, el análisis de Chi-cuadrada no evidenció asociación significativa entre los tratamientos y la distribución de las categorías FAMACHA© ($\chi^2 = 0.083$). Estos resultados indican que la administración de levamisol no produjo mejoras detectables en el grado de anemia clínica evaluada mediante la metodología FAMACHA© durante el periodo experimental.

Cuadro 6. Media, desviación estándar (DE), análisis de Chi-cuadrada y significancia estadística de las puntuaciones FAMACHA® en cabras sin y con tratamiento con levamisol.

Trat	Media	DE	P=.136	Chi	Chi cuadrada
T1-Sin levamisol	2.77	0.56		2.98	0.083
T2-Con levamisol	3.00	0.56			

Aunque el método FAMACHA® es ampliamente aplicado en el combate contra NGI, específicamente contra *Haemonchus contortus*, estos resultados indican que no existe asociación estadísticamente significativa entre las variables estudiadas. El tratamiento con levamisol no afectó por sí solo las variables de FAM y CC en los animales estudiados.

Las puntuaciones promedio observadas en ambos tratamientos corresponden a animales con niveles moderados de palidez conjuntival, lo que podría sugerir la presencia de infecciones parasitarias subclínicas asociadas principalmente a nematodos hematófagos como *Haemonchus contortus*. Diversos estudios han señalado que el sistema FAMACHA® constituye una herramienta útil para identificar animales con anemia parasitaria; sin embargo, su sensibilidad puede verse afectada cuando las cargas parasitarias son moderadas o cuando existen variaciones individuales relacionadas con nutrición, fisiología o adaptación de los animales (Kaplan *et al.*, 2004; Hoste *et al.*, 2022).

La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos podría explicarse por varios factores. Uno de ellos es el corto periodo de evaluación posterior al tratamiento antihelmíntico, ya que la recuperación de los niveles de hematocrito y la mejora de la coloración de las mucosas pueden requerir más tiempo después de la reducción de la carga parasitaria. Asimismo, la eficacia parcial del levamisol frente a poblaciones parasitarias resistentes podría limitar el impacto del tratamiento sobre los indicadores clínicos de anemia (Vineer *et al.*, 2020).

Otro aspecto importante es que la metodología FAMACHA® evalúa indirectamente la anemia y no necesariamente refleja de manera inmediata cambios leves en la carga parasitaria. Por ello, algunos autores recomiendan complementar esta herramienta con otras variables como hematocrito, conteo de huevos por gramo de heces (HPG) y condición corporal para obtener una valoración más integral del estado sanitario de los pequeños rumiantes (Burke y Miller., 2020).

Aunque no se observaron diferencias estadísticas, el hecho de que ambos grupos presentaran puntuaciones promedio cercanas a 3 sugiere que los animales podrían haber estado expuestos a un desafío parasitario importante. En sistemas extensivos de producción caprina, especialmente bajo condiciones semiáridas, el estrés nutricional y ambiental puede favorecer el impacto de los nematodos gastrointestinales sobre la salud animal, aun cuando las manifestaciones clínicas no sean severas (Torres-Acosta et al., 2012).

4.3. Número de huevos por gramo de heces.

En el cuadro 7 se muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos para la variable HPG, evidenciando un efecto importante del levamisol sobre la reducción de la carga parasitaria gastrointestinal en las cabras evaluadas. El tratamiento con levamisol presentó valores menores de HPG (886.7 HPG) en comparación con el grupo sin tratamiento (1369.6 HPG), observándose diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p = 0.002$). Estos resultados indican que el levamisol mantuvo actividad antihelmíntica frente a los nematodos gastrointestinales presentes en el rebaño.

Cuadro 7. Media, error estándar de la media (EE) y significancia estadística del conteo de huevos por gramos de heces (HPG), HPG transformados [Log 10 (n+1)], peso corporal y hematocrito en cabras sin y con tratamiento con levamisol.

Variables	Tratamiento 1	Tratamiento 2	EE	p trat	p tiempo	p trat X tiempo
HPG	1369.6 ^a	886.7 ^b	109.71	0.002	=0.0001	<0.0001
HPG TRANSF	2.84 ^a	2.12 ^b	0.07	<0.0001	<0.00001	<0.0001
PESO (kg)	47.93 ^a	44.22 ^b	1.07	=0.017	=0.003	0.89
HEMAT (%)	30.9 ^a	30.8 ^a	0.62	0.93	0.17	=0.79

p=Significancia estadística, ^{a, b} Medias con literal diferente son diferentes estadísticamente (p<0.05)

La reducción observada en el conteo de huevos por gramo de heces coincide con diversos estudios recientes que reportan que el levamisol continúa mostrando eficacia aceptable en algunos sistemas de producción caprina, particularmente en regiones donde la resistencia antihelmíntica a benzimidazoles y lactonas macrocíclicas es más frecuente (Vineer *et al.*, 2020; González-Reyes *et al.*, 2026). El efecto significativo del tiempo ($p < 0.00001$) y de la interacción tratamiento $\times$ tiempo ($p < 0.0001$) sugiere además que la respuesta parasitológica varió conforme avanzó el periodo experimental, posiblemente debido a cambios en la dinámica de reinfección en pastoreo y a la persistencia limitada del efecto del levamisol.

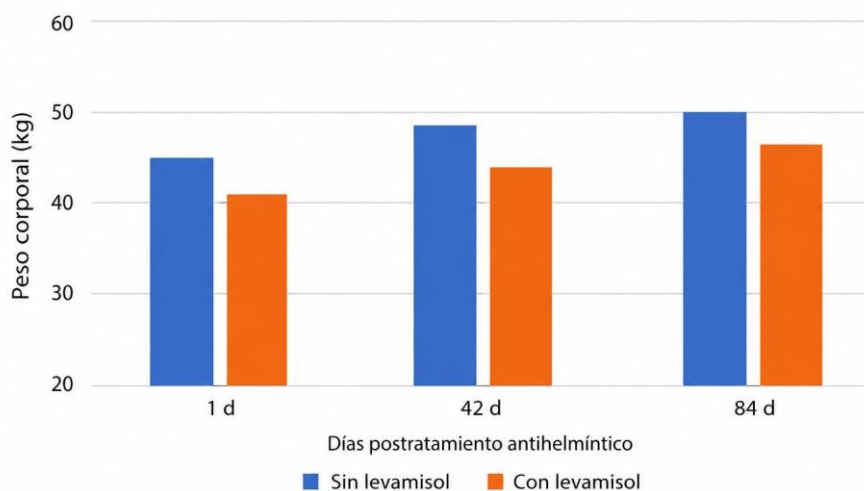
Aunque el tratamiento con levamisol redujo significativamente los niveles de HPG, los conteos observados en ambos grupos continuaron siendo relativamente elevados, lo que podría indicar una presión constante de infección en las condiciones extensivas de pastoreo. En sistemas semiáridos, las cabras permanecen continuamente expuestas a larvas infectantes presentes en el ambiente, favoreciendo procesos de reinfección parasitaria aun después de los tratamientos antihelmínticos (Hoste *et al.*, 2022). Asimismo, no puede descartarse la posible presencia de poblaciones

parasitarias con distintos grados de resistencia antihelmíntica, fenómeno ampliamente documentado en pequeños rumiantes a nivel mundial (Maurizio *et al.*, 2023).

4.4. Peso corporal

En relación con el peso corporal, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.017$) y a través del tiempo ($p = 0.003$), donde las cabras del tratamiento sin levamisol presentaron un peso promedio mayor (47.93 kg) que las tratadas con levamisol (44.22 kg). Sin embargo, la interacción tratamiento $\times$ tiempo no fue significativa ($p = 0.89$), indicando que el comportamiento del peso corporal fue similar durante el periodo experimental en ambos grupos. Este resultado podría explicarse por diferencias iniciales entre animales, ya que la presencia de individuos con mayor peso corporal en el grupo sin tratamiento pudo influir sobre el promedio general del tratamiento. Además, el peso vivo en sistemas extensivos depende no solamente del parasitismo gastrointestinal, sino también de factores nutricionales, disponibilidad de forraje, edad, estado fisiológico y adaptación genética de los animales (Torres-Acosta *et al.*, 2012).

La gráfica 3 muestra la evolución del peso corporal de las cabras pertenecientes a los tratamientos sin levamisol (tratamiento 1) y con levamisol (tratamiento 2) durante el periodo experimental. En ambos grupos se observó un incremento progresivo del peso corporal conforme avanzó el estudio, lo que indica que las cabras mantuvieron una respuesta productiva favorable bajo las condiciones de manejo extensivo evaluadas.



Gráfica 3. Cambios de peso corporal de las cabras sin y con tratamiento antihelmíntico de levamisol al inicio, en la fase intermedia y al final del estudio

Gráfica 2. Cambios de peso corporal de las cabras sin y con tratamiento antihelmíntico de levamisol al inicio, en la fase intermedia y al final del estudio.

Las cabras que no recibieron tratamiento antihelmíntico presentaron pesos corporales superiores durante todo el periodo experimental en comparación con las cabras tratadas con levamisol. Al inicio del estudio, las cabras del tratamiento 1 registraron un peso aproximado de 44 kg, mientras que las del tratamiento 2 presentaron alrededor de 41 kg. Esta diferencia se mantuvo hacia la mitad del experimento y al finalizar el estudio, donde ambos tratamientos mostraron incrementos de peso, aunque el tratamiento sin levamisol continuó presentando valores promedio más altos.

El incremento gradual del peso corporal en ambos grupos podría relacionarse con una adecuada disponibilidad de forraje durante el periodo experimental, así como con la capacidad adaptativa de las cabras al sistema extensivo de producción. Diversos estudios han señalado que las cabras criollas o mestizas manejadas en ambientes semiáridos presentan una importante capacidad de adaptación nutricional y fisiológica, lo que les permite mantener el desempeño productivo aún bajo desafíos parasitarios moderados (Torres-Acosta *et al.*, 2012).

Aunque el levamisol redujo significativamente los niveles de HPG, este efecto no se reflejó en mayores pesos corporales en las cabras tratadas. Esto podría deberse a que las diferencias iniciales de peso entre grupos influyeron sobre los promedios finales, ya que el tratamiento 1 aparentemente incluyó animales con mayor peso corporal desde el inicio del experimento. Asimismo, el impacto del parasitismo gastrointestinal sobre el peso vivo puede depender de múltiples factores, entre ellos la intensidad de infección, el estado nutricional, la calidad del forraje y la resiliencia individual de los animales (Hoste *et al.*, 2022).

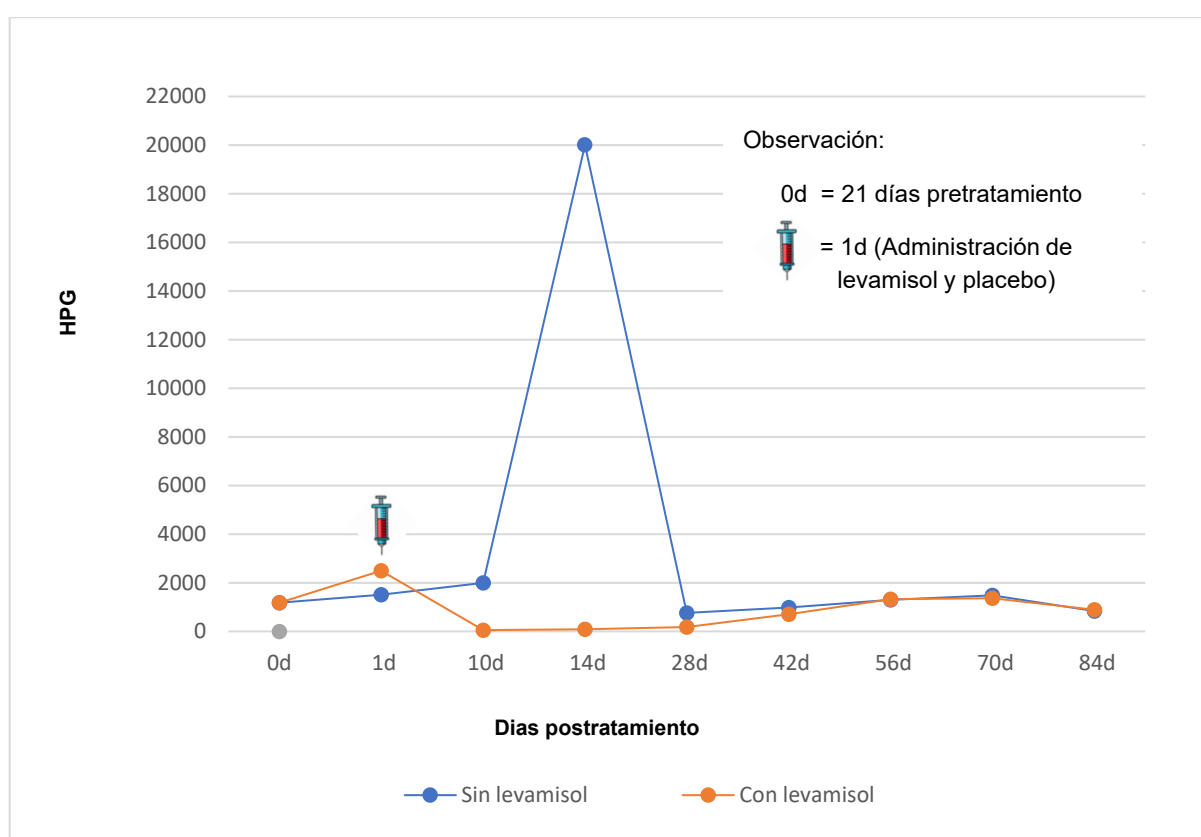
Otro aspecto importante es que las infecciones moderadas por nematodos gastrointestinales no siempre provocan pérdidas inmediatas de peso corporal, especialmente en cabras adultas adaptadas a condiciones extensivas. Algunos autores han reportado que variables como hematocrito, FAMACHA® o HPG pueden mostrar cambios más sensibles y tempranos frente al parasitismo que el peso corporal, el cual suele responder de manera más lenta a los cambios sanitarios y nutricionales (Maurizio *et al.*, 2023).

4.5. Hematocrito

El hematocrito no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.93$), ni efecto del tiempo ($p = 0.17$), ni interacción tratamiento $\times$ tiempo ($p = 0.79$). Los valores promedio observados (30.9 y 30.8 %) indican que los animales mantuvieron niveles hematológicos relativamente estables durante el estudio. La ausencia de cambios significativos en hematocrito podría sugerir que la carga parasitaria presente no fue suficientemente severa para provocar anemia clínica importante o que las cabras presentaron cierto grado de resiliencia frente al parasitismo gastrointestinal. Diversos autores han señalado que las cabras criollas o adaptadas a condiciones extensivas pueden tolerar infecciones moderadas por nematodos sin presentar alteraciones hematológicas severas (Burke y Miller, 2020). En ambos grupos experimentales el porcentaje de hematocrito se considera libre de anemia de acuerdo con Rossanigo y Page (2017) quienes establecen el umbral en $\leq 19\%$.

4.6. Conteo de HPG de nematodos gastrointestinales

La gráfica 2 muestra la dinámica del conteo de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras mestizas manejadas bajo pastoreo extensivo y sometidas a los dos tratamientos experimentales: un grupo sin levamisol (tratamiento 1) y el grupo tratado con levamisol (tratamiento 2). La dinámica fluctuante del HPG observada durante el estudio refleja la complejidad epidemiológica del parasitismo gastrointestinal en sistemas extensivos de producción caprina.



Gráfica 3. Tendencia del recuento de huevos por gramo de heces (HPG) en cabras mestizas sin y con tratamiento antihelmíntico.

A los 21 días previos a la administración del antihelmíntico (día -21), ambos grupos presentaron conteos moderados de HPG, aunque el tratamiento 2 mostró valores iniciales ligeramente superiores. Posteriormente, el día 1, fecha en que se aplicaron

los tratamientos, se observó una reducción importante del HPG en el grupo tratado con levamisol, mientras que el grupo sin tratamiento mantuvo niveles relativamente elevados. Estos resultados sugieren una respuesta antihelmíntica inicial favorable del levamisol sobre los nematodos gastrointestinales presentes en las cabras.

Sin embargo, en el día 14 post tratamiento se presentó un incremento extremadamente elevado del HPG en las cabras que no recibieron levamisol, alcanzando valores cercanos a 20,000 HPG, posiblemente ocasionado por la presencia de precipitaciones pluviales. La gráfica 1 muestra que en esas fechas (agosto-septiembre) se incrementó la precipitación pluvial y la temperatura, condiciones favorables para la presencia de NGI, mientras que el grupo tratado con levamisol mantuvo niveles considerablemente menores. Este comportamiento evidencia el impacto del parasitismo gastrointestinal en ausencia de tratamiento antihelmíntico y confirma la importancia del levamisol para reducir la eliminación de huevos de nematodos gastrointestinales. Incrementos abruptos de HPG como el observado en el grupo sin tratamiento suelen asociarse con altas cargas de *Haemonchus contortus*, especie hematófaga altamente prolífica y considerada uno de los principales nematodos patógenos en caprinos (Hoste *et al.*, 2022).

Después del pico parasitario registrado en el tratamiento sin levamisol, los conteos de HPG disminuyeron drásticamente hacia el día 28 post tratamiento, manteniéndose posteriormente relativamente estables y moderados en ambos grupos durante el resto del estudio. Esta reducción podría explicarse por fenómenos de autorregulación parasitaria, respuesta inmunológica del hospedero o variaciones ambientales que afectaron la disponibilidad de larvas infectantes en el pastizal. También es posible que el pico observado correspondiera a la presencia de algunos animales altamente parasitados que influyeron significativamente sobre el promedio grupal.

A partir del día 28 post tratamiento, ambos grupos mostraron un comportamiento relativamente similar, con incrementos graduales y moderados del HPG conforme avanzó el tiempo. Este patrón podría reflejar procesos continuos de reinfección asociados al sistema extensivo de pastoreo, donde los animales permanecen

expuestos constantemente a larvas infectantes presentes en el ambiente (Maurizio *et al.*, 2023). Diversos autores han señalado que el efecto del levamisol presenta una persistencia limitada, por lo que las reinfecciones pueden ocurrir rápidamente después del tratamiento, especialmente en sistemas con elevada contaminación parasitaria (Vineer *et al.*, 2020).

El efecto significativo de la interacción tratamiento x tiempo reportado previamente para HPG ($p < 0.0001$) coincide con el comportamiento observado en la gráfica, indicando que la respuesta parasitológica dependió tanto del tratamiento aplicado como del momento de evaluación. Esto demuestra que la dinámica de los nematodos gastrointestinales en sistemas extensivos es altamente variable y está influenciada por factores ambientales, nutricionales y fisiológicos de los animales (Banerjee *et al.*, 2014).

Aunque el levamisol mostró eficacia para reducir temporalmente los niveles de HPG, los resultados también sugieren que el tratamiento antihelmíntico por sí solo podría no ser suficiente para mantener bajas cargas parasitarias durante periodos prolongados. Actualmente, se recomienda implementar estrategias integradas de control parasitario que incluyan tratamientos selectivos dirigidos, monitoreo coproparasitoscópico, evaluación FAMACHA®, manejo del pastoreo y suplementación nutricional para disminuir la dependencia exclusiva de los antihelmínticos y retrasar el desarrollo de resistencia parasitaria (Burke y Miller, 2020; Hoste *et al.*, 2022).

V. CONCLUSIONES

El levamisol mostró eficacia antihelmíntica en cabras mestizas manejadas bajo pastoreo extensivo en Saltillo, Coahuila, al reducir significativamente el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales.

La aplicación del tratamiento no produjo cambios significativos en la condición corporal, el hematocrito ni en la evaluación FAMACHA®, lo que indica que, durante el periodo experimental, el principal efecto del levamisol se observó sobre la disminución de la carga parasitaria.

Aunque se encontraron diferencias en el peso corporal entre tratamientos, estas posiblemente estuvieron asociadas a variaciones iniciales entre los animales y no directamente al efecto del antihelmíntico.

El levamisol representa una alternativa eficaz para disminuir la carga parasitaria en cabras; no obstante, su uso debe complementarse con estrategias integradas de control, como el manejo adecuado del pastoreo, la desparasitación selectiva y el monitoreo constante de la carga parasitaria, con el fin de reducir el riesgo de resistencia antihelmíntica y mejorar la salud y productividad de los rebaños caprinos.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Caballero, A. J., Torres Acosta, J. F. J., Sarmiento, R. C., Hoste, H., & Sandoval-Castro, C. A. (2008).** Inmunidad contra los nemátodos gastrointestinales: la historia caprina. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 73-82. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911227007>. 10-mayo-2026.
- Aguirre, D., Cafrune, M., Viñabal, A., Salatin, A. (2000).** Presunción de resistencia a dos clases de nematodocidas en cabras lecheras del Valle de Lerma. *Resúmenes XIII Reunión Científico-Técnica de la Asoc. Arg. de Vet. de Laboratorios de Diagnóstico (AAVLD)*: 45. En: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_caprinos/07-parasitosis_caprina.pdf?utm 18-mayo-2026
- Aguirre, D., Cafrune, M. M., Viñabal, A. E., Salatin, A. O. (2002).** Aspectos epidemiológicos y terapéuticos de la nematodiasis gastrointestinal caprina en un área subtropical de la Argentina. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 31(1), 25-39. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86431102>. 10-mayo-2026.
- Anziani, O. y Arduoso, G. (2017).** Resistencia a los antihelmínticos en nematodos intestinales que parasitan a los equinos en la Argentina. *Sitio argentino de producción animal*. RIA Vol 43 No. 1. En: https://www.academia.edu/67446365/Resistencia_a_Los_Antihelm%C3%ADnticos_en_Nematodos_Intestinales_Que_Parasitan_a_Los_Equinos_en_La_Argentina?email_work_card=title. 12-mayo-2026
- Anziani, O. S. y Fiel, C. A. (2015).** Resistencia a los antihelmínticos en nematodos que parasitan a los rumiantes en la Argentina. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 41(1), 34-46. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S166923142015000100006 10-mayo-2026

- Banerjee, D., Upadhyay, R. C., Chaudhary, U. B., Kumar, R., Singh, S., Ashutosh, Mohanarao, G. J., Polley, S., Mukherjee, A., Das, T. K., De, S. (2014).** Seasonal variation in expression pattern of genes under HSP70: Seasonal variation in expression pattern of genes under HSP70 family in heat- and cold-adapted goats (*Capra hircus*). *Cell stress & chaperones*, 19(3), 401–408. <https://doi.org/10.1007/s12192-013-0469-0>
- Barger, I. A., Siale, K., Banks, D. J. D., Le Jambre, L. F. (1994).** Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment. *Veterinary Parasitology*, 53(1–2), 109–116. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90023-X)
- Bassetto, C. C., Silva, M. R. L., Newlands, G. F. J., Smith, W. D., Júnior, J. R., Martins, C. L., Amarante, A. F. T. D. (2014).** Vaccination of grazing calves with antigens from the intestinal membranes of *Haemonchus contortus*: effects against natural challenge with *Haemonchus placei* and *Haemonchus similis*. *International journal for parasitology*, 44(10), 697–702. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.04.010>
- Ben Salem, H. y Smith, T. (2008).** Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research*, 77(2–3), 174–194. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.008>
- Bowman, D. 2019.** Georgi's Parasitology for veterinarians. 11^a ed. Missouri. Elsevier. En: <https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780323543965/georgis-parasitology-for-veterinarians>. 18-mayo-2026
- Bowman, D. D., Lynn, R. C., Eberhard, M. L. (2004).** Georgis. Parasitología para veterinarios. Madrid: Elsevier España. En: <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:32954>. 11-mayo-2026.
- Burke, J. M. y Miller, J. E. (2020).** Sustainable Approaches to Parasite Control in Ruminant Livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 36(1):89-107. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.007>

- Caparrós, J. A., Burghi, V. H., Lapeña, A. J. (2005).** Manejo sanitario del hato caprino. En: <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-AGRO:27190/Description>. 11-mayo-2026
- Cordero, del C. M., y Rojo, V. F. A. (2000).** Parasitología veterinaria. McGraw-Hill Interamericana de España. En: <https://www.udocz.com/apuntes/711454/parasitologia-veterinaria-cordero-del-campillo-y> 11-mayo-2026
- Claerebout, E., y Lanusse, C. E. (2025).** Seguridad de los antihelmínticos en animales. *MSD Veterinary Manual*. <https://www.msdevetmanual.com/es/farmacolog%C3%ADa/antihelm%C3%ADnticos/seguridad-de-los-antihelm%C3%ADnticos-en-animales>. 12-mayo-2026
- Coop, R. L. y Kyriazakis, I. (1999).** Nutrition–parasite interaction. *Veterinary parasitology*, 84(3-4), 187-204. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(99\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(99)00070-9)
- Craig T. M. (2018).** Gastrointestinal Nematodes, Diagnosis and Control. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 34(1), 185–199. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.008>
- Cristel, S. L. y Suárez, V. H. (2006).** Resistencia antihelmíntica: evaluación de la prueba de reducción del conteo de huevos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 3. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86435303>. 11-mayo-2026.
- Devendra, C. (2001).** Small ruminants: Imperatives for productivity enhancement improved livelihoods and rural growth-a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(10), 1483-1496. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.1483>
- Devendra, C. y McLeroy, G. B. (1986).** Producción de cabras y ovejas en los trópicos. El Manual Moderno.

- Dixit, A. K., Das, G., Dixit, P., Sharma, R. L. (2019).** Efficacy of herbal extracts and closantel against fenbendazole-resistant *Haemonchus contortus*. Journal of Helminthology, 93(5), 529–532. <https://doi.org/10.1017/S0022149X18000627>
- Echavarría, C. F. G., Gutiérrez, L. R., Ledesma, R. R. I., Bañuelos, V. R., Aguilera, S. J. I., Serna, P. A. (2006).** Influence of small ruminant grazing systems in a semiarid range in the State of Zacatecas Mexico. I Native vegetation. *Técnica Pecuaria en México*, 44(2). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61344206>. 12-mayo-2026.
- Elizondo-Salazar, J. (2009).** El método FAMACHA: Para el diagnóstico de las anemias producidas por *Haemonchus contortus* en cabras y ovejas. ECAG-Informa. 48: 42-43. En: https://www.academia.edu/2315192/El_m%C3%A9todo_famacha_para_el_diagn%C3%B3stico_de_las_anemias_producidas_por_Haemonchus_contortus_en_cabras_y_ovejas. 12-mayo-2026
- Fiel, C., Anziani, O., Suárez, V., Vázquez, R., Eddi, C., Romero, J., Caracostantógo, J., Saumell, C., Mejía, M., Costa, J., Steffan, P. (2001).** Resistencia antihelmíntica en bovinos: causas, diagnóstico y profilaxis. *Veterinaria argentina*, 18 (171), 21-33. En: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/11-resistencia_antihelmintica_en_bovinos.pdf. 12-mayo-2026
- González-Garduño R., Torres Hernández G., López Arellanos M. E., Mendoza De Gives P. (2012).** Resistencia antihelmíntica de nematodos parásitos en ovinos. *Revista de Geografía Agrícola*. Num. 48-49. pp 63-74. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2012.48-49.04>
- González-Reyes, L., Domínguez-Hernández, Y. M., Ortiz de Montellano, C. M. (2026).** Eprinomectin and levamisole action on gastrointestinal nematodes in dairy goats with anthelmintic resistance. *Veterinaria México OA*, 11(2). <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2026.1528>
- González, R. J. L. (2007).** Caracterización fenotípica de corderos Pelibuey resistentes y susceptibles a *Haemonchus contortus* bajo condiciones naturales. *Tesis de*

prostgrado. Benemérita Universidad de Puebla, Puebla, México. En: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4303/Cruz_Tamayo_AA_DC_RGP_Ganaderia_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y 12-mayo-2026

Hendrix, C. M. (1999). Diagnóstico parasitológico veterinario. (2a. ed.). Harcourt. En: https://uach.kohalatio.info/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=200321&query_desc=su%3A%22Parasitologia%20veterinaria%22. 12-mayo-2026

Hernández, R. B., Gaitán, M. M., Avendano, C. A. M., Peralta, A. M. M. (2024). Parásitos predominantes en pequeños rumiantes de La Guajira: impacto en sistemas productivos.: Predominant parasites in small ruminants in La Guajira: impact on production systems. *Revista Gipama*, 5(1), 149-170. En: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/6883>. 11-mayo-2026

Holden-Dye, L. y Walker, R. J. (2014). Anthelmintic drugs and nematicides: studies in *Caenorhabditis elegans*. *WormBook : the online review of C. elegans biology*, 1–29. <https://doi.org/10.1895/wormbook.1.143.2>

Hoste, H., Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. A., Mueller-Harvey, I., Sotiraki, S., Louvandini, H., Thamsborg, S. M., Terrill, T. H. (2022). Use of agro-industrial by-products containing tannins for the integrated control of gastrointestinal nematodes in ruminants. *Parasite*, 29, 10. <https://doi.org/10.1051/parasite/2022010>

Houdijk, J. (2005). Influence of dietary protein supply on resistance to experimental infections with *Haemonchus contortus* in Ile de France and Santa Ines lambs. *Veterinary Parasitology*. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.05.068>

IMPLAN. (2019). Instituto Municipal de Planeación. Anuario estadístico y geográfico de Saltillo. Gobierno municipal de Saltillo. En: https://www.implansalttillo.mx/files_publicaciones/archivo_publicacion_50.pdf 23-04-26.

- Kaplan, R. M. (2004).** Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in parasitology*, 20(10), 477–481. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.08.001>
- Kaplan, R. M., Burke, J. M., Terrill, T. H., Miller, J. E., Getz, W. R., Mobini, S., Valencia, E., Williams, M. J., Williamson, L. H., Larsen, M., Vatta, A. F. (2004).** Validation of the FAMACHA eye color chart for detecting clinical anemia in sheep and goats on farms in the southern United States. *Veterinary parasitology*, 123(1-2), 105–120. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.06.005>
- Kotze, A. C. y Prichard, R. K. (2016).** Anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus*: history, mechanisms and diagnosis. *Advances in parasitology*, 93, 397-428. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.02.012>
- Lara, D. M. (2003).** Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 55-71. https://doi.org/10.21930/rcta.vol4_num1_art:14
- Lebbie, S. H. B. (2004).** Goats under household conditions. *Small Ruminant Research*, 51(2), 131–136. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.015>
- Lisonbee, L. D., Villalba, J. J., Provenza, F. D., Hall, J. O. (2009).** Tannins and self-medication: Implications for sustainable parasite control in herbivores. *Behavioural processes*, 82(2), 184–189. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2009.06.009>
- López, A. M. E., Mendoza de Gives, P., Aguilar, M. L., Liébano, H. E. (2010).** Buenas prácticas en el manejo de antihelmínticos para el control de parásitos en rumiantes. Grupo Garlong, Jiutepec, Morelos. En: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/231-Buenas_practicas.pdf. 12-mayo-2026.
- Maurizio, A., Baldo, A., Salogni, C., Curone, G. (2023).** Control of gastrointestinal helminths in small ruminants to reduce anthelmintic resistance: A review. *Pathogens*, 12(2), 248. <https://doi.org/10.1017/S0031182023000343>

- Meeusen, E. N., Balic, A., Bowles, V. (2005).** Cells, cytokines and other molecules associated with rejection of gastrointestinal nematode parasites. *Veterinary immunology and immunopathology*, 108(1-2), 121–125.
<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2005.07.002>
- Mendoza De Gives, P., Zapata Nieto, C., Hernández, E. L., Arellano, M. E., Rodríguez, D. H., Garduño, R. G. (2006).** Biological control of gastrointestinal parasitic nematodes using *Duddingtonia flagrans* in sheep under natural conditions in Mexico. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1081, 355–359. <https://doi.org/10.1196/annals.1373.050>
- Miller, J. E. y Horohov, D. W. (2006).** Immunological aspects of nematode parasite control in sheep. *Journal of animal science*, 84 Suppl, E124–E132.
https://doi.org/10.2527/2006.8413_supple124x
- Morales, Gustavo, Pino, Luz A, Sandoval, Espartaco, y Rondón, Zoraida. (2008).** Evaluación de dos criterios de utilidad en un programa de control de la infección por nematodos gastrointestinales en ovinos mediante tratamiento antihelmíntico selectivo. *Zootecnia Tropical*, 26(2), 141-150. En: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692008000200008&lng=es&tlng=es. 12-mayo-2026.
- Mphahlele, M., Molefe, N., Tsotetsi-Khambule, A., Oriel, T. (2019).** Anthelmintic resistance in livestock. En *Helminthiasis*.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.87124>
- MSSSI. (2014).** Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Resistencia antihelmíntica. El uso prudente de los antihelmínticos en la medicina veterinaria [Tríptico]. *Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios*. En: https://www.aemps.gob.es/medicamentosVeterinarios-/saludVeterinaria/docs/Triptico_resistencia_antihelminticos.pdf. 12-mayo-2026

- Nikolaou, S. y Gasser, R. B. (2006).** Prospects for exploring molecular developmental processes in *Haemonchus contortus*. *International journal for parasitology*, 36(8), 859–868. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2006.04.007>
- Olivas-Salazar, R., Estrada-Angulo, A., Mellado, 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. *Tropical Animal Health and Production*, 50(4), 807-813. En: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-017-1499-x>. 12-mayo-2026.
- Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., Zamilpa, A., Mendoza de Gives, P., Arece-García, J., López-Arellano, M. E. von Son-de Fernex, E. (2017).** In vitro larvicidal effect of a hydroalcoholic extract from *Acacia cochliacantha* leaf against ruminant parasitic nematodes. *Veterinary research communications*, 41(3), 227–232. <https://doi.org/10.1007/s11259-017-9687-8>
- Packianathan, R., Hodge, A., Wright, J., DeRosa, A. A. (2023).** Efficacy of a fixed-dose combination injectable (0.2 mg/kg doramectin + 6.0 mg/kg levamisole HCl) in cattle against gastrointestinal nematodes with resistance to doramectin. *Veterinary Parasitology*, 323S, 109998. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109998>
- Prasad, M. R., Sundaram, S. M., Gnanaraj, P. T., Bandeswaran, C., Harikrishnan, T. J., Sivakumar, T., Azhahiannambi, P. (2019).** Influence of intensive rearing, continuous and rotational grazing systems of management on parasitic load of lambs. *Veterinary world*, 12(8), 1188. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.1188-1194>
- Preston, S. J., Sandeman, M., Gonzalez, J., Piedrafita, D. (2014).** Current status for gastrointestinal nematode diagnosis in small ruminants: where are we and where are we going? *Journal of immunology research*, 2014, 210350. <https://doi.org/10.1155/2014/210350>

- Quadros, D. y Burke, J. M. (2024).** Nutritional strategies for small ruminant gastrointestinal nematode management. *Animal Frontiers*, 14(5), 5–12. [doi:10.1093/af/vfae019](https://doi.org/10.1093/af/vfae019)
- Rahman, M. A., Labony, S. S., Dey, A. R., Alam, M. Z. (2017).** An epidemiological investigation of gastrointestinal parasites of small ruminants in Tangail, Bangladesh. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 15(2), 255-259. [doi:10.3329/jbau.v15i2.35071](https://doi.org/10.3329/jbau.v15i2.35071)
- Reyes-Guerrero, E., Olmedo-Juárez, A., Mendoza-De Gives, P. 2021.** Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. *Rev. Mex Cienc Pecu.* 12 (Supl 3):186-204. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5840>
- Reyna-Fuentes J. H., Zapata-Campos C. C., Torres-Acosta J. F. J., Salinas-Chavira J., Cruz-Bacab L. E. (2023).** Desparasitación selectiva dirigida en ovinos Dorper en una granja del centro de Tamaulipas, México. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal* 1(1), 32-46. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i1.8>
- Roeber, F., Jex, A. R., Gasser, R. B. (2013).** Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance-an Australian perspective. *Parasites & vectors*, 6(1), 153. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-153>
- Rossanigo, C. y Page, W. (2017).** Evaluación de FAMACHA® en el control de nematodos gastrointestinales en cabras de San Luis (Argentina). *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 43(3), 239-246. En: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v43n3/v43n3a08.pdf>. 12-mayo-2026
- SADER. (2017).** Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. *La caprinocultura en México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>. 12-mayo-2026.

- SADER. (2018). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2018). Coahuila líder en leche de caprino.** Gobierno de México. <https://www.gob.mx/pronabive/prensa/coahuila-lider-en-leche-de-caprino?idiom=es>. 12-mayo-2026.
- SAGARPA. (2015). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Zacatecas, primer lugar nacional en producción de carne en canal de caprino.** SAGARPA. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura%7Czacatecas/articulos/zacatecasprimerlugar-nacional-en-produccion-de-carne-en-canal-de-caprino-sagarpa>. 12-mayo-2026.
- Sallé, G., Doyle, S. R., Cortet, J., Cabaret, J., Berriman, M., Holroyd, N., Cotton, J. A. (2019). The global diversity of *Haemonchus contortus* is shaped by human intervention and climate.** *Nature communications*, 10(1), 4811. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12695-4>
- Sanmiguel, G. A. P. (2008).** Determinación de las características morfológicas de larvas L1, L2 y L3 en parásitos gastrointestinales del equino en la región de Los Lagos, Chile. *Revista de Medicina Veterinaria*, (15), 39-48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4943852>. 17-mayo-2026.
- SAS. (2004). Statistical Analysis System SAS Institute Inc.** SAS/ACCESS® 9.1 for windows. Cary, N. C. SAS Institute, Inc
- SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción y precio de caprinos de pie y canal en México 2019.** Ciudad de México, México: SIAP.
- Soliman, S. M., Salem, H. M., El-Saadony, M. T., Ahmed, A. E., Saad, A. M., & El-Saadony, M. F. (2024). *Haemonchus contortus* infection of goats and the use of anthelmintic natural alternative: An updated review.** *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 75(2), 7201–7210. <https://doi.org/10.12681/jhvms.29905>

- Soulsby, E. J. L. (1987).** *Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos* (1ª ed. en español). Interamericana. En: https://brumario.usal.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991004531149705773&context=L&vid=34BUC_USAL:VU1&lang=es&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Everything&query=sub,exact,Enfermedades%20parasitarias,AND&mode=advanced&offset=0 12-mayo-2026.
- Sumano, L. H., y Ocampo, C. L. (1997).** *Farmacología veterinaria*. (2a. ed.). McGraw-Hill. En: https://books.google.com.gt/books/about/Farmacolog%C3%ADa_veterinaria.html?id=cQmQAAAACAAJ. 12-mayo-2026.
- Tariq, K. A., Chishti, M. Z., Ahmad, F., Shawl, A. S. (2008).** Epidemiology of gastrointestinal nematodes of sheep managed under traditional husbandry system in Kashmir valley. *Veterinary parasitology*, 158(1-2), 138–143. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.06.013>
- Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A. J., Cámara-Sarmiento, R., Alonso-Díaz, M. A. (2012).** Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes under hot humid and subhumid tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 103(1), 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.10.016>
- Valcárcel S., F., Rojo-Vázquez, F. A., Olmeda, G. Á. S., Arribas, N. M. B., Márquez, S. L., Fernández, P. N. (2009).** *Atlas de parasitología ovina*. Servet Editorial. En: https://www.researchgate.net/publication/236677119_Atlas_de_Parasitologia_Ovina. 12mayo-2026
- VanHoy, G. (2023).** Parásitos gastrointestinales frecuentes de los pequeños rumiantes. *MSD Veterinary Manual*. En: <https://www.msdsvetmanual.com/es/aparatodigestivo/par%C3%A1sitosgastrointestinales-de-los-rumiantes/par%C3%A1sitos-gastrointestinales-frecuentes-de-los-peque%C3%B1os-rumiantes> 12-mayo-2026

- Vargas, R. C. F. (2006).** FAMACHA® Control de Haemonchosis en caprinos. *Agronomía Mesoamericana*, 17(1),79-88. En: <https://www.redalyc.org/articulo.oaid=43717112>. 12-mayo-2026.
- Vélez, R. A. (1995).** *Guías en parasitología veterinaria* (2.^a ed.). Éxito dinámica. En: <https://biblioteca.uniagraria.edu.co/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=21820>. 12-mayo-2026
- Villaseñor, J. L. (2016).** Checklist of the native vascular plants of México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87:559–902. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Vineer, R. H., Morgan, E. R., Hertzberg, H., Bartley, D. J., Bosco, A., Charlier, J., Chartier, C., Claerebout, E., de Waal, T., Hendrickx, G., Hinney, B., Höglund, J., Ježek, J., Kašný, M., Keane, O. M., Martínez-Valladares, M., Mateus, T. L., McIntyre, J., Mickiewicz, M., Munoz, A. N., Phythian, C. J., Ploeger, H. W., Rataj, A. V., Skuce, P. J., Simin, S., Sotiraki, S., Spinu, M., Stuen, S., Thamsborg, S. M., Vadlejch, J., Varady, M., Samson-Himmelstjerna, G., Rinaldi, R. (2020).** Increasing importance of anthelmintic resistance in European livestock: Creation and meta-analysis of an open database. *Parasite*, 27, 69. <https://doi.org/10.1051/parasite/2020062>
- Zaros, L. G., Coutinho, L. L., Sider, L. H., Medeiros, H. R. D., Neves, M. R. M. D., Benvenuti, C. L., Navarro, M. D. C., Vieira, L. D. S. (2010).** Evaluation of reference genes for real-time PCR studies of Brazilian Somalis sheep infected by gastrointestinal nematodes. *Genetics and Molecular Biology*, 33(3), 486-490. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572010000300018>
- Zeder, M. A. y Hesse, B. (2000).** The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science (New York, N.Y.)*, 287(5461), 2254–2257. <https://doi.org/10.1126/science.287.5461.2254>
- Zúñiga, N. J. M. (2015).** Comprobación de la capacidad antiparasitaria del extracto de las hojas de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) en ovinos. *Tesis de licenciatura*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En:

<http://repositorio.uaaen.mx:8080/bitstream/handle/123456789/6935/JOSE%20MIGUEL%20ZU%C3%91IGA%20NAVARRETE.pdf?sequence=1&isAllowed>

≡y. 12-mayo-2026