

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**Suplementación con alfalfa y zacate para el control de nematodos
gastrointestinales en cabras bajo pastoreo extensivo en la región
semiárida del noreste de México**

Por:

MARY KAREN CHAGOLLA GARCÍA

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**Suplementación con alfalfa y zacate para el control de nematodos
gastrointestinales en cabras bajo pastoreo extensivo en la región
semiárida del noreste de México**

Por:

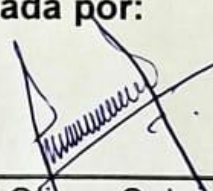
MARY KAREN CHAGOLLA GARCÍA

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



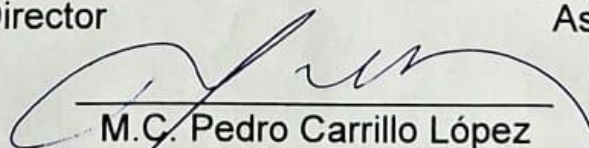
Dra. Raquel Olivas Salazar
Directora



Dr. Fernando Ruiz Zárate
Co-Director



M.C. Mitzy Aylin Olivera Triste
Asesora



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2026



AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo lleno de dificultades tanto en lo académico, personal y emotivo, logro culminar esta parte que en un futuro me llevará a ser una persona que demostrará con rectitud las acciones correctas con lealtad y sinceridad, es por eso que agradezco a mi **Dios** por no soltarme de la mano cuando más lo necesitaba, también reconocer sus bendiciones, guía y amor incondicional durante todo este tiempo. “Perseverad en la oración, velando en ella con acción de gracias” (Colonenses 4:2).

A mis padres **Gloria Garcia Hernández (+) y Roberto Chagolla Ramírez**, por creer siempre en mí y estar cuando más los necesitaba, en esos días llenos de tristeza y momentos más difíciles, también les agradezco por su gran amor, por darme siempre lo mejor, por ser siempre mi motor, por cada desvelo y cada sacrificio silencioso. Este logro es tan suyo como mío.

A mis hermanos **Roberto Jr Chagolla Garcia y Erik Guadalupe chagolla Garcia**, les doy gracias a mis hermanitos por siempre apoyarme en todo, por brindarme todo lo que ha estado a su alcance, por orientarme en todo momento en la toma de decisiones, por escucharme y darme palabras de aliento, por estar siempre al pendiente de mí y lo más importante por quererme tanto, mi gratitud hacia ustedes es infinita, es por eso que le agradezco a Dios por tenerlos en mi vida los amo.

A mi sobrina **Lupita** mi niña hermosa que me saca una sonrisa cuando no todo va muy bien, espero ser esa tía que te brinde más que amor.

A mis amigas **Reina, Dai, Alo, Liz, Natasha, María, Evelyn**, les agradezco a mis manas por esos bellos momentos vividos, por esas miles de sonrisas y aventuras, por su compañía en mis momentos más difíciles y por sacarme una sonrisa siempre. Es por eso que le doy gracias a la vida por haber puesto esta hermosa amistad en mi camino, las quiero niñas.

A la familia **Sandoval Ortiz, a la señora Maye (+), al Doc Sandoval, Solecito, Wendy, Chatis, a Paco**, por abrirme las puertas de su hogar, por su apoyo, calidez y confianza, gracias por hacerme sentir parte de ustedes y por recordarme que la familia también se elige. Con gratitud infinita.

Debo agradecer de manera especial a la **Dra. Raquel Olivas Salazar** por aceptarme para realizar este trabajo de tesis y poder dar el siguiente paso a mi titulación, también por siempre darme su apoyo incondicional y su confianza, por guiarme en todo momento, por brindarme de su tiempo y paciencia, no solamente doy gracias en el proceso del desarrollo de esta tesis si no también en mi formación académica.

A mis asesores el **Dr. Fernando Ruíz Zarate y MC. Mitzy Aylin Olivera Triste**, por dar seguimiento a mi revisión de tesis, por su tiempo, compromiso y dedicación, durante este proceso para poder culminar esta bella parte de mi vida.

Agradezco a mi **Alma Mater** por los años que pasé en tus aulas. Gracias por brindarme una educación de calidad, por los maestros que me guiaron y por los amigos que hice en el transcurso del camino. Siempre llevaré en mi recuerdo las enseñanzas que me dieron. Gracias mi segunda casa y por ayudarme a crecer como persona.

También quiero agradecer a **todas las personas** que aportaron su granito de arena, para que mi mamita siguiera aquí viendo un nuevo amanecer, aunque el objetivo no se cumplió estoy infinitamente agradecida con todos ustedes, por querer ver que siguiera adelante, pero dios es perfecto no se equivoca, que dios se los multiplique, que los llene de salud, armonía y paz en sus vidas.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi hermosa madre por haberme dado la vida, por criarme y darme valores, por hacerme una mujer fuerte y capaz de hacer lo que se proponga.

Te la dedico a ti mi chatita por haber sido una mujer de bien, una guerrera que luchó hasta el final, por haber sido la mujer más bondadosa, humilde y generosa. Por haber sido esa mujer que luchó a capa y espada por sus hijos y por brindarnos todo tu fiel amor. Siempre recordaré todos los bellos momentos que pasé junto a ti, tu eras mi mejor amiga, mi confidente, eras la luz de mi vida. Es por eso que llevaré siempre conmigo tu sonrisa, tus ocurrencias, el recuerdo de tus abrazos, de tus besos y tu calor. Llevaré conmigo todo todo lo bello de ti madre mía.

No fue un discurso ni sermón, fue que la vi cómo se levantaba cansada y aun así daba todo eso, es por eso que aprendí que ser fuerte no es no llorar, es seguir de pie, aunque estés rota por dentro, aprendí a amar, a luchar, a no rendirme, porque la vi a ella hacerlo una y otra vez.

Espero que en el cielo estes regocijando de alegría porque tu niña está cumpliendo todo lo que un día te platicó, hasta el cielo mamita.

Te amo chatita

CURRICULUM VITAE

La autora nació el 28 de marzo del 2003 en Irapuato, Guanajuato, México.

AÑO	INSTITUCIÓN
2018-2021	Estudios de preparatoria, Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 174, Rancho Nuevo de la Cruz, Abasolo, Guanajuato.
Semestre Agosto-Diciembre 2025	Prácticas profesionales. Grupo NU-3, Porcicola La Gaby S.A. de C.V. Ayotlán, Jalisco, México.
2021-2025	Ingeniero Agrónomo Zootecnista. División de Ciencia Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

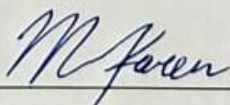
Saltillo, Coahuila, a mayo de 2026

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado **“Suplementación con alfalfa y zacate para el control de nematodos gastrointestinales en cabras bajo pastoreo extensivo en la región semiárida del noreste de México”** es de mi autoría y constituye una producción original. Afirmo que en su elaboración no se ha incurrido en copia, reproducción o utilización de ideas, citas textuales, ilustraciones u otros elementos provenientes de tesis, obras intelectuales, artículos o memorias —en formato digital o impreso— sin la debida referencia y reconocimiento explícito de su fuente o autor.

Asimismo, manifiesto estar plenamente consciente de que, en caso de comprobarse plagio total o parcial, o la violación de derechos de autor, este documento académico quedará automáticamente anulado y sujeto a las sanciones correspondientes que determine el comité editorial y/o las instancias legales competentes. En consecuencia, el trabajo no será susceptible de aprobación ni podrá ser reenviado para evaluación.

Atentamente



MARY KAREN CHAGOLLA GARCÍA

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos	5
1.1.1. Objetvo general	5
1.1.2. Objetivos específicos	6
1.2. Hipótesis	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Importancia de la caprinocultura	7
2.2. Nematodos gastrointestinales (NGI).....	11
2.3. Principales NGI que afectan a los caprinos	12
2.4. Características de los géneros de NGI que afectan a los caprinos	14
2.4.1. <i>Haemonchus</i>	14
2.4.2. <i>Teladorsagia (Ostertagia)</i>	15
2.4.3. <i>Trichostrongylus</i>	15
2.4.4. <i>Cooperia</i>	16
2.4.5. <i>Nematodirus</i>	17
2.4.6. <i>Bunostomum</i>	18
2.4.7. <i>Strongyloides</i>	19
2.4.8. <i>Oesophagostomum</i>	20
2.4.9. <i>Trichuris</i>	21
2.5. Ciclo biológico de los NGI	21
2.6. Manifestaciones clínicas de parasitosis por NGI en caprinos...	25
2.7. Tratamientos antihelmínticos	25
2.7.1. Imidazotiazoles.....	27
2.7.2. Tetrahidropirimidinas.....	28
2.7.3. Benzimidazoles y probenzimidazoles	28
2.7.4. Salicilaníidas	29

2.7.5.	Lactonas macrocíclicas.....	30
2.8.	Estrategias de control de los NGI	30
2.8.1.	Desparasitación selectiva dirigida (DSD).....	31
2.8.2.	FAMACHA©	32
2.8.3.	Condición corporal (CC).....	33
2.8.4.	Rotación de antihelmínticos	33
2.8.5.	Rotación de potreros o manejo del pastoreo	33
2.8.6.	Uso de plantas antihelmínticas.....	33
2.8.7.	Vacunas	34
2.8.8.	Selección genética.....	34
2.8.9.	Suplementación alimenticia	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1.	Área de estudio	44
3.2.	Localización del área de estudio	44
3.2.2.	Vegetación	45
3.2.3.	Clima	46
3.3.	Diseño del experimento.....	46
3.4.	Manejo de los animales y tratamientos.....	47
3.5.	Valor nutricional de los suplementos.....	48
3.6.	Muestreos de heces	48
3.7.	Conteo de huevos de nematodos gastrointestinales	49
3.8.	Coprocultivo para identificación de larvas	49
3.9.	Medición de peso, FAMACHA© y condición corporal.....	49
3.10.	Análisis estadístico.....	50
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
V.	CONCLUSIONES	68
VI.	LITERATURA CITADA	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Géneros y especies de nematodos gastrointestinales que afectan a los Caprinos.....	13
Cuadro 2. Grupos de antihelmínticos disponibles en el mercado.	27
Cuadro 3. Asignación del índice de condición corporal (CC) de acuerdo con Ghosh et al. (2019).	31
Cuadro 4. Peso promedio de las cabras al inicio del experimento en cada uno de los grupos experimentales.	47
Cuadro 5. Efecto de la edad sobre el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) en las cabras con o sin suplemento.	51
Cuadro 6. Promedio de huevos por gramo de heces de nematodos gastrointestinales de las cabras en pastoreo extensivo en cada uno de los grupos durante todo el periodo de estudio.	52
Cuadro 7. Peso promedio total (kg) de las cabras en el estudio por tiempo de muestreo.	57
Cuadro 8. Promedio y desviación estándar del peso de las cabras por día de muestreo en los tres grupos experimentales.....	58
Cuadro 9. Condición corporal promedio de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa por día de muestreo en los tres grupos experimentales.	61
Cuadro 10. Condición corporal promedio de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa durante todo el periodo de estudio ($p<0.0001$).	62
Cuadro 11. FAMACHA© promedio de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa por día de muestreo en los tres grupos experimentales.	65
Cuadro 12. FAMACHA© de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa ($p<0.65$).	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Importancia de los caprinos en las zonas áridas y semiáridas de México	9
Figura 2. Entidades federativas con mayor concentración del ganado caprino en el año 2022 (número de cabezas).	10
Figura 3. Ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales que afectan a los pequeños rumiantes. En la fase endógena el nematodo se desarrolla dentro del hospedador y en fase exógena el desarrollo ocurre fuera del hospedador.	22
Figura 4. Desparasitación selectiva dirigida para el control de nematodos gastrointestinales de cabras (CC= Condición Corporal; HPG= huevos por gramo de heces).	31
Figura 5. Carta apoyo para la técnica FAMACHA®-Guía de anemia.....	33
Figura 6. Representación esquemática de las necesidades nutricionales adicionales y su déficit asociado con las infecciones por NGI	36
Figura 7. Mapa mostrado la localización del área de estudio.	44
Figura 8. Tipo de vegetación en el área de estudio.....	45
Figura 9. Promedio de huevos por gramo de heces de nematodos gastrointestinales de las cabras en pastoreo extensivo en cada uno de los grupos durante todo el periodo de estudio. Las flechas color morado señalan el inicio de la suplementación (28 días antes del tratamiento) y el fin de la suplementación (56 días postratamiento); la jeringa señala el día en que se administró el tratamiento antihelmíntico (día 1).	54

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con heno de alfalfa y heno de zacate sobre la carga parasitaria por nematodos gastrointestinales y sobre indicadores fisiológicos y productivos en cabras adultas bajo condiciones de pastoreo extensivo en una región semiárida del noreste de México. Se analizaron variables parasitológicas, como el conteo de huevos por gramo de heces (HPG), así como indicadores clínicos y productivos, incluyendo la puntuación FAMACHA®, el peso corporal y la condición corporal de los animales.

Los resultados mostraron que la suplementación no generó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en la puntuación FAMACHA® entre los grupos experimentales, lo que indica un efecto limitado sobre el grado de anemia. Sin embargo, las cabras mantuvieron valores hematológicos estables durante el periodo experimental, probablemente debido a la reducción inicial de la carga parasitaria mediante el uso de antihelmínticos. El grupo suplementado con heno de alfalfa presentó una tendencia a mejores valores de FAMACHA® hacia el final del estudio. Asimismo, los conteos de HPG mostraron variabilidad temporal, reflejando la dinámica natural de las infecciones parasitarias en sistemas extensivos. En términos productivos, se observó un incremento significativo en el peso corporal de las cabras a lo largo del estudio.

La suplementación, particularmente con heno de alfalfa, contribuye a mejorar la resiliencia del hospedador y el desempeño productivo en cabras bajo pastoreo extensivo; no obstante, su efecto sobre el control de nematodos gastrointestinales es limitado cuando se aplica de forma aislada, por lo que debe integrarse dentro de estrategias de manejo parasitario más amplias.

Palabras clave: Caprinos, Suplementación, Resistencia antihelmíntica, Nematodos gastrointestinales, México.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of dietary supplementation with alfalfa hay and grass hay on gastrointestinal nematode burden, as well as on physiological and productive indicators in adult goats under extensive grazing conditions in a semi-arid region of northeastern Mexico. Parasitological variables, including fecal egg counts (EPG), were assessed alongside clinical and productive indicators such as FAMACHA© score, body weight, and general animal condition.

The results showed that dietary supplementation did not produce statistically significant differences ($p>0.05$) in FAMACHA© scores among experimental groups, indicating a limited effect on anemia levels. However, goats maintained stable hematological values throughout the experimental period, likely due to the initial reduction of parasite burden following anthelmintic treatment. The group supplemented with alfalfa hay showed a tendency toward improved FAMACHA© values at the end of the study. Additionally, EPG values exhibited temporal variability, reflecting the natural dynamics of parasitic infections under grazing conditions. In terms of productivity, a significant increase in body weight was observed over the course of the study.

Dietary supplementation, particularly with alfalfa hay, contributes to improving host resilience and productive performance in grazing goats; however, its effect on gastrointestinal nematode control is limited when applied as a standalone strategy and should be integrated into broader parasite management programs.

Keywords: Goats, Dietary supplementation, Anthelmintic resistance, Gastrointestinal nematodes.

I. INTRODUCCIÓN

La producción caprina constituye una actividad pecuaria de gran relevancia económica, social y nutricional a nivel mundial, especialmente en regiones áridas y semiáridas donde las condiciones ambientales limitan otros sistemas ganaderos. Las cabras destacan por su rusticidad, capacidad de adaptación y habilidad para aprovechar recursos forrajeros de baja calidad mediante el ramoneo, lo que les permite mantener su productividad en condiciones adversas. En países en desarrollo, los caprinos representan una fuente clave de proteína animal, ingresos económicos y seguridad alimentaria para comunidades rurales (FAO, 2024).

En América Latina, la caprinocultura forma parte esencial de los sistemas pecuarios de pequeña escala. En México, el inventario caprino supera los ocho millones de cabezas, concentradas principalmente en zonas áridas y semiáridas bajo sistemas extensivos basados en el pastoreo natural. Estos sistemas dependen de la disponibilidad estacional de forrajes y del aprovechamiento de la vegetación nativa, lo que otorga a la caprinocultura un papel estratégico en la economía rural y en el uso sustentable de ecosistemas marginales (SIAP, 2024).

No obstante, estos sistemas enfrentan importantes limitantes sanitarias. Entre ellas, las infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) que representan uno de los principales problemas en pequeños rumiantes. Estos parásitos se desarrollan en el tracto digestivo y se transmiten mediante la ingestión de larvas infectantes presentes en pasturas contaminadas. Su elevada capacidad de supervivencia ambiental favorece la persistencia de las infecciones en sistemas basados en pastoreo (Zajac y Garza, 2020).

Las infecciones por NGI generan pérdidas económicas significativas debido a la disminución del desempeño productivo y al aumento de costos sanitarios. Sus principales efectos incluyen pérdida de peso, anemia, diarrea, reducción en el consumo de alimento, retraso en el crecimiento y menor producción de leche; en

casos severos, pueden causar la muerte del animal (Hernando *et al.*, 2025). Entre los géneros más comunes en caprinos se encuentran *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Teladorsagia*, *Cooperia*, *Oesophagostomum*, *Strongyloides* y *Trichuris*, los cuales suelen presentarse en infecciones mixtas que incrementan el daño fisiológico. El impacto depende de factores como la edad, el estado nutricional, la carga parasitaria y las condiciones ambientales (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

Tradicionalmente, el control de estos parásitos se ha basado en el uso de antihelmínticos químicos. Sin embargo, su uso frecuente e indiscriminado ha favorecido el desarrollo de resistencia antihelmíntica, actualmente considerada uno de los principales desafíos sanitarios en la producción de pequeños rumiantes. Esta resistencia se ha documentado ampliamente y afecta a diversas familias de fármacos, como benzimidazoles, lactonas macrocíclicas e imidazotiazoles (Saidu *et al.*, 2025).

Ante esta problemática, se ha promovido el desarrollo de estrategias integradas de control parasitario orientadas a reducir la dependencia de los antihelmínticos. Estas incluyen el manejo del pastoreo, la desparasitación selectiva, la selección genética de animales resistentes y la implementación de estrategias nutricionales que fortalezcan la respuesta del hospedador (Quadros y Burke, 2024).

En este contexto, la nutrición desempeña un papel clave en la interacción hospedador-parásito. El estado nutricional influye directamente en la capacidad inmunológica del animal; deficiencias en proteína metabolizable y minerales comprometen la respuesta inmunitaria y favorecen el establecimiento de los parásitos (Atiba *et al.*, 2020). Por ello, la suplementación nutricional se ha propuesto como una estrategia eficaz para mejorar la resistencia (capacidad de limitar el desarrollo del parásito) y la resiliencia (capacidad de mantener la productividad pese a la infección).

Diversos estudios han demostrado que dietas con mayor contenido de proteína, especialmente proteína protegida en rumen, mejoran la respuesta inmunitaria y reducen la carga parasitaria. En caprinos, se ha observado una disminución en la eliminación de huevos y una mejora en indicadores fisiológicos frente a infecciones por *Haemonchus contortus* (Cériac *et al.*, 2019).

Además de fortalecer la inmunidad, una nutrición adecuada contribuye a compensar las alteraciones metabólicas causadas por los NGI, como la pérdida de proteína endógena, la disminución en la digestibilidad y el daño intestinal, favoreciendo la recuperación tisular (Atiba *et al.*, 2020).

En este sentido, la utilización de forrajes de alto valor nutritivo, como el heno de alfalfa (*Medicago sativa*), podría representar una alternativa viable para mejorar el estado nutricional de las cabras y contribuir al control de NGI en sistemas extensivos. La alfalfa destaca por su alto contenido de proteína, minerales y compuestos bioactivos con potencial efecto inmunomodulador. No obstante, la evidencia sobre su impacto en condiciones de campo, particularmente en sistemas caprinos de regiones semiáridas del noreste de México, aún es limitada.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la suplementación alimenticia con heno de alfalfa (*Medicago sativa*) y heno de zacate bermuda gigante NK 37 (*Cynodon dactylon*) sobre la carga parasitaria de nematodos gastrointestinales y sobre indicadores productivos y fisiológicos en cabras adultas de doble propósito bajo condiciones de pastoreo extensivo en la región semiárida del noreste de México.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la suplementación con heno de alfalfa y heno de zacate bermuda gigante NK 37 sobre el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales en cabras en pastoreo extensivo.
- Determinar el efecto de la suplementación sobre la puntuación FAMACHA®, como indicador del grado de anemia asociado principalmente a infecciones por *Haemonchus contortus*.
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre la condición corporal de las cabras durante el periodo experimental.
- Analizar el efecto de la suplementación sobre el peso corporal de los animales como indicador del desempeño productivo.

1.2. Hipótesis

- La suplementación con heno de alfalfa, debido a su mayor contenido proteico y valor nutricional, reducirá la carga parasitaria de nematodos gastrointestinales y mejorará indicadores fisiológicos y productivos -como la puntuación FAMACHA®, la condición corporal y el peso corporal- en cabras adultas bajo pastoreo extensivo, en comparación con cabras suplementadas con heno de zacate bermuda gigante NK 37 y con aquellas no suplementadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de la caprinocultura

A nivel mundial, aproximadamente el 90 % de la población caprina se concentra en países en desarrollo, donde los rebaños constituyen un componente estratégico de la economía rural de subsistencia y de la seguridad alimentaria de numerosas comunidades (Rashid *et al.*, 2023). Los caprinos destacan por su elevada rusticidad y notable capacidad de adaptación a entornos adversos, lo que les permite sobrevivir y reproducirse bajo condiciones de temperaturas extremas, periodos prolongados de sequía y disponibilidad limitada de forrajes de baja calidad nutricional (Gebreyesus *et al.*, 2023).

En amplias regiones de África, Asia y América Latina, la producción caprina se desarrolla predominantemente bajo sistemas extensivos de pastoreo, con uso mínimo o inexistente de suplementación alimenticia durante gran parte del año (Ramos *et al.*, 2023). En este contexto, la población mundial de cabras ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas dos décadas, impulsado por el incremento en la demanda de carne, leche y sus derivados, así como por la modificación de los patrones de consumo y las preferencias alimentarias en zonas urbanas (Silva *et al.*, 2022; FAO, 2024).

El sector caprino mexicano se concentra principalmente en regiones áridas y semiáridas, que abarcan aproximadamente el 60 % del territorio nacional (Figura 1). Para 2024, el inventario nacional en México se estimaba en alrededor de 8.8 millones de cabezas, posicionando al país en el lugar 13 a nivel mundial y en el segundo sitio del continente americano en población caprina. Las entidades con mayor concentración de cabras son Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero y Zacatecas, con una distribución predominante en las zonas áridas y semiáridas del territorio nacional (SIAP, 2024).

En 2022, la producción nacional de carne en canal de caprino alcanzó 40,826 toneladas, lo que representó un incremento del 0.9 % respecto al año previo y un 2.3 % por encima del promedio de la última década. Ese mismo año, los principales estados productores fueron Zacatecas (4,495 toneladas), San Luis Potosí (4,317 toneladas) y la región Noreste de Coahuila (3,965 toneladas) (SIAP, 2024).

En cuanto a la producción de leche, en 2022 se registraron 168 millones 615 mil litros a nivel nacional, cifra 1.2 % superior a la del año anterior. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Coahuila aportó 46 millones 104 mil litros, Guanajuato 44 millones 408 mil litros y Durango 24 millones 986 mil litros (SIAP, 2024).

La condición de herbívoros ramoneadores confiere a las cabras la capacidad de aprovechar una amplia diversidad de recursos vegetales, incluidos arbustos y especies arbóreas, lo que representa una ventaja competitiva en ecosistemas con vegetación escasa donde otros sistemas pecuarios presentan limitaciones productivas. Esta plasticidad adaptativa favorece su desempeño bajo condiciones de escasez hídrica y variaciones térmicas extremas (SAGARPA, 2017).

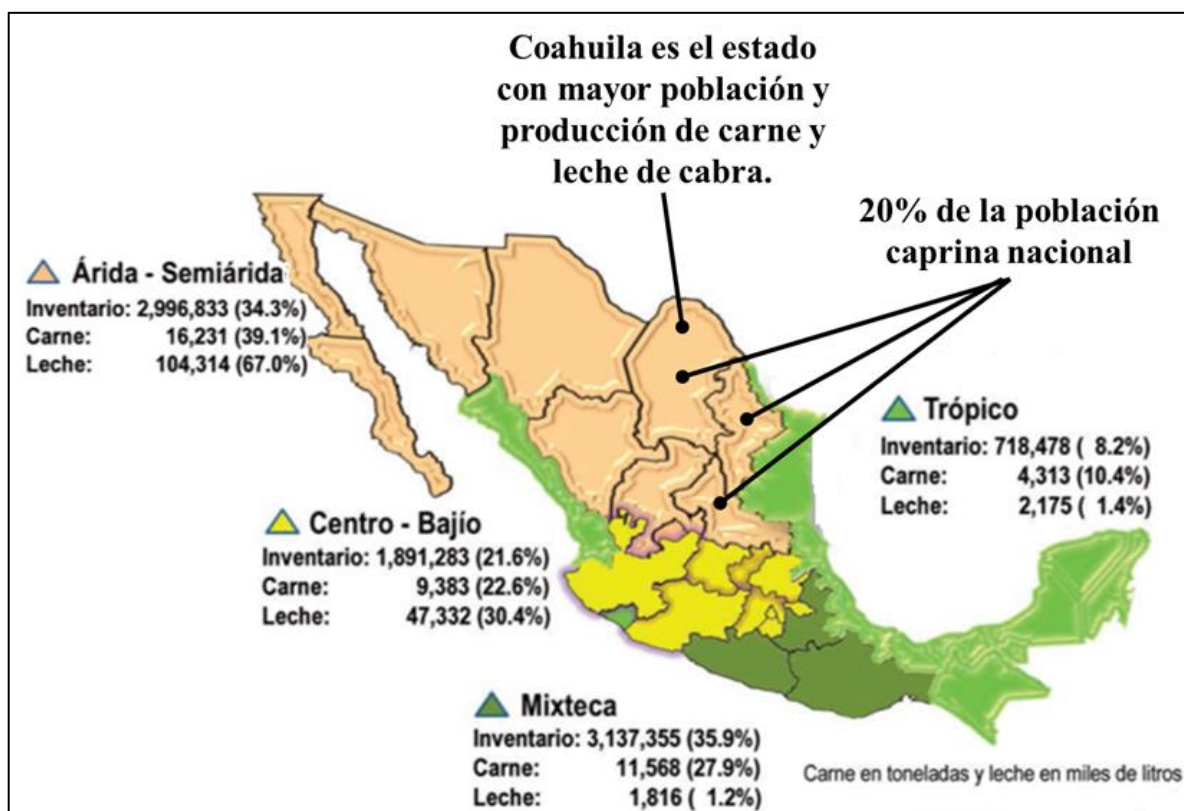


Figura 1. Importancia de los caprinos en las zonas áridas y semiáridas de México (SAGARPA, 2017).

La cría de caprinos reviste gran importancia debido a su contribución a la subsistencia de la población, ya que estos pequeños rumiantes poseen la capacidad de aprovechar eficientemente diversos recursos naturales gracias a sus hábitos alimenticios particulares. A diferencia de otros rumiantes, las cabras destinan la mayor parte de su tiempo al ramoneo y el resto al pastoreo, lo que les permite utilizar una amplia variedad de especies vegetales (Aguilar-Caballero et al., 2011). Asimismo, adquieren especial relevancia en las regiones áridas y semiáridas por su capacidad productiva bajo condiciones de extrema rusticidad y por su notable adaptación a climas adversos (Aréchiga et al., 2008).

En las regiones áridas y semiáridas de Latinoamérica, es frecuente que pequeños productores pertenecientes a zonas marginadas desarrollen la producción caprina

mediante prácticas tradicionales de crianza y con limitado acceso a tecnología (Vázquez-Rocha *et al.*, 2024). En este contexto, y como se observa en la Figura 2, Coahuila se posiciona entre las entidades federativas con mayor concentración de ganado caprino en México (INEGI, 2025).

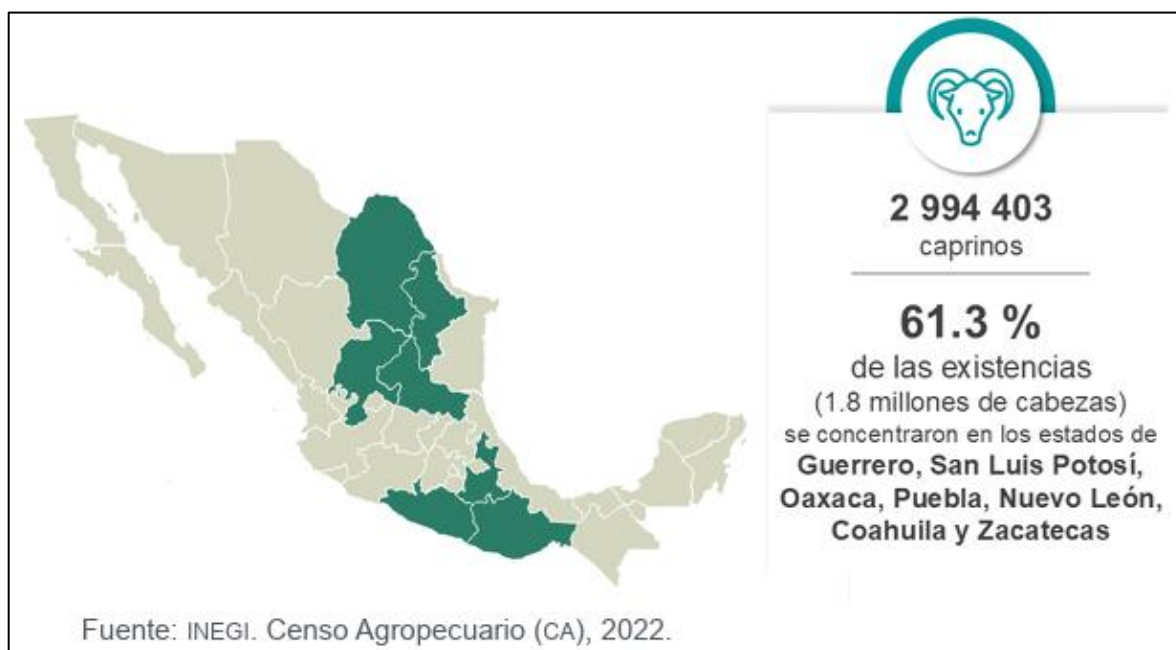


Figura 2. Entidades federativas con mayor concentración del ganado caprino en el año 2022 (número de cabezas) (INEGI, 2025).

La producción caprina ha desempeñado un papel relevante en las zonas rurales, debido a la notable capacidad de adaptación de estos animales a condiciones ambientales adversas y a su eficiencia para transformar forrajes de baja calidad en fuentes de proteína de alto valor biológico, como carne y leche; esta característica convierte a la caprinocultura en una alternativa productiva viable para sistemas extensivos en ambientes limitantes (Tajonar *et al.*, 2022).

La ganadería caprina desempeña un papel socioeconómico estratégico en las comunidades rurales de los países en desarrollo. En muchos contextos, constituye una actividad complementaria a la agricultura y al trabajo asalariado, y representa

una fuente relevante de ingresos, seguridad alimentaria y resiliencia económica para los hogares con recursos limitados. Esta realidad es particularmente evidente entre los productores de subsistencia, quienes, ante la limitada disponibilidad de infraestructura y tecnologías modernas, dependen predominantemente de sistemas extensivos de pastoreo (FAO, 2024).

No obstante, los rebaños con acceso al pastoreo se encuentran expuestos de manera constante a infecciones por helmintos gastrointestinales (Sebai *et al.*, 2022). Se ha documentado que las cabras presentan una alta susceptibilidad a los nematodos, condición atribuida a particularidades fisiológicas propias de la especie, lo que exige una atención rigurosa al manejo sanitario y a la implementación de estrategias integrales de control (Santos *et al.*, 2025).

Los helmintos gastrointestinales que afectan a los rumiantes comprenden principalmente nematodos, cestodos y trematodos, los cuales pueden ocasionar signos clínicos de diversa gravedad, incluyendo cuadros severos que afectan la salud, el bienestar y la productividad de los animales (Rerkyusuke *et al.*, 2024).

2.2. Nematodos gastrointestinales (NGI)

Los nematodos son gusanos, redondos, cilíndricos, filiformes y dioicos, de reproducción sexual (Rojas, 2004). Son pertenecientes a la clase *Nematoda*, palabra que proviene del griego “*nemas*”, es decir filiformes. Su tamaño oscila entre unos pocos milímetros a más de un metro de longitud, tienen aparato digestivo, sexos distintos y ciclos de vida directos o indirectos (Cordero *et al.*, 1999).

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son parásitos que se alojan en el tracto digestivo de los animales y representan un problema sanitario de alta relevancia en la industria ganadera, especialmente en sistemas de producción extensiva. Su importancia es notable tanto en regiones tropicales como templadas, donde las

condiciones ambientales favorecen su desarrollo, supervivencia y diseminación (Hernando *et al.*, 2025).

Una característica distintiva de NGI es la presencia de una cutícula quitinosa que recubre su cuerpo. Estos parásitos se encuentran ampliamente distribuidos en los rumiantes, y su prevalencia está influenciada tanto por factores inherentes al parásito como por condiciones ambientales, entre las que destacan el clima, las prácticas de manejo y la edad de los hospedadores expuestos a praderas contaminadas (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero, 2005).

Los nematodos gastrointestinales constituyen un problema sanitario de alta relevancia, ya que comprometen de manera directa la salud y la productividad animal. Clínicamente, las infecciones suelen manifestarse con anorexia, pérdida de peso, anemia, diarrea y retraso en el crecimiento; en infecciones severas pueden provocar la muerte del animal. Estas alteraciones repercuten de forma significativa en los sistemas de producción, generando pérdidas económicas considerables para los productores. En este contexto, los NGI representan un desafío sanitario y económico, especialmente en regiones con recursos limitados, donde el acceso a tratamientos antihelmínticos puede resultar restringido o financieramente inaccesible, lo que intensifica su impacto negativo sobre la productividad pecuaria (Sontigun *et al.*, 2025).

2.3. Principales NGI que afectan a los caprinos

Entre los nematodos gastrointestinales de mayor prevalencia en pequeños rumiantes se encuentran *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Trichostrongylus axei*, *Teladorsagia (Ostertagia) circumcincta*, *Cooperia spp.*, *Oesophagostomum spp.*, *Trichuris ovis*, *Strongyloides papillosus* y *Bunostomum spp.* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Géneros y especies de nematodos gastrointestinales que afectan a los Caprinos.

Órgano digestivo	Género	Especie
Abomaso	<i>Haemonchus</i>	<i>Contortus</i>
	<i>Teladorsagia</i>	<i>Circumcincta</i>
	<i>Ostertagia</i>	<i>ostertagi</i>
	<i>Trichostrongylus</i>	<i>axei</i>
Intestino Delgado	<i>Cooperia</i>	<i>curticei</i>
	<i>Trichostrongylus</i>	<i>Colubriformis</i>
	<i>Nematodirus</i>	<i>vitrinus, filicollis, spathiger</i>
	<i>Bunostomum</i>	<i>Trigonocephalum</i>
	<i>Strongyloides</i>	<i>Papillosus</i>
Intestino Grueso	<i>Oesophagostomum</i>	<i>columbianum, globulosa</i>
	<i>Trichuris</i>	<i>Ovis</i>

(Aguilar y Lorenzutti, 2018).

Estos parásitos suelen presentarse de forma concomitante en los rebaños, configurando infecciones mixtas que pueden originar manifestaciones clínicas de diversa intensidad. La severidad del cuadro depende, en gran medida, de factores asociados al hospedador, particularmente la edad, el estado nutricional y la competencia inmunológica de los animales (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

2.4. Características de los géneros de NGI que afectan a los caprinos

2.4.1. *Haemonchus*

Los gusanos adultos de *Haemonchus spp* (conocido como gusano de alambre o del barbero) miden generalmente entre 10 y 35 mm de largo, siendo las hembras más grandes (20-35 mm) que los machos (10-20 mm). Son parásitos nematodos de color rojizo que se alojan en el abomaso de los rumiantes; son hematófagos, succionan sangre lo que provoca la presentación de anemia, también ocasionan inapetencia e irritación y formación de nódulos en la mucosa gástrica (Rojas *et al.*, 2012). Se ha estimado que aproximadamente 2,000 de estos gusanos pueden extraer hasta 30 mL de sangre al día. Los animales infectados presentan una reducción en la capacidad de transporte de oxígeno debido a la pérdida de sangre, lo que provoca debilidad y reducción en la producción de leche (Calvo y Cala, 2025). Además, liberan sustancias anticoagulantes en las lesiones de la mucosa, lo que prolonga la hemorragia. Dado que la cabra es altamente sensible a la disminución del volumen sanguíneo, esta pérdida puede provocar anemia severa e incluso conducir a una muerte repentina (Merck, 2007).

El ciclo de vida de *Haemonchus*, como la mayoría de los nematodos, incluye una fase endógena que se desarrolla dentro del hospedador definitivo, donde los ejemplares adultos machos copulan con las hembras y éstas produce huevos, que son excretados por el hospedador con la materia fecal. Luego pasa a una etapa exógena, donde los huevos eclosionan y liberan larvas libres en estadio 1 (L1) en la pastura (Suárez *et al.*, 2007). En climas cálidos y húmedos, la Larva 1 (L1) experimenta varias mudas, convirtiéndose en Larva 2 (L2) y posteriormente a su estadio infectante, Larva 3 (L3), en un periodo de entre 10 y 14 días. Las L3 se trasladan a través de la película acuosa que cubre las hojas de los pastos cuando están en condiciones húmedas. El animal las ingiere al alimentarse de esos pastos, y tras ingresar al hospedador, se alojan en el abomaso, donde experimentarán otra muda, transformándose en larvas L4, las cuales se adhieren a la mucosa abomasal,

donde se alimentan de sangre hasta experimentar otra muda y transformarse en L5 y alcanzar la fase adulta para poder reproducirse (Escribano, 2019). *Haemonchus spp.*, no ocasionan diarreas, pero si anemias severas que causan mortandad, en los meses pertenecientes a primavera-verano (Rossanigo y Page, 2017).

2.4.2. *Teladorsagia (Ostertagia)*

Este género de nematodos pertenece a la superfamilia *Trichostrongylidae*, orden *Strongylida* (Bowman, 2011). Las hembras miden entre 9.8 y 12.2 mm, mientras que los machos miden entre 7.5 y 8.5 mm. Estos nematodos están muy adaptados a los ovinos y caprinos. La parasitosis ocasionada por estos nematodos está asociada con la respuesta inmunitaria a las larvas que se desarrollan en las glándulas gástricas del abomaso, esto daña la capacidad que tiene el intestino para poder digerir los alimentos. Los gusanos adultos sobreviven en el abomaso en pequeñas cantidades y causan pérdida de peso, diarrea intermitente y deshidratación (Bowman, 2011).

2.4.3. *Trichostrongylus*

Trichostrongylus es un género de nemátodos que se localizan en el abomaso e intestino delgado de los rumiantes, su presencia puede ocasionar diarrea, pérdida de peso y disminución en la eficiencia alimentaria (Brik *et al.*, 2019). Son nematodos pequeños (machos 4-6 mm y hembras 5-7 mm de longitud), de color pardo rojizo, estrechados en su parte anterior, de 5 a 8 mm de longitud, cuya cutícula está claramente anillada (Mehlhorn *et al.*, 1994).

Los animales parasitados muestran un deterioro general en su estado de salud, lo que repercute en su rendimiento productivo. Este parásito es prevalente en sistemas

de pastoreo y suele presentarse en coinfección con otros nemátodos como *Haemonchus contortus* (Calvo y Cala, 2025).

Se encuentra los siguientes signos dentro de la sintomatología: pérdida de apetito, anemia, diarrea (con sangre o con moco esto depende de la lesión en la mucosa), deshidratación, disminución de la ganancia de peso, debilidad, ojos hundidos, susceptibilidad a otras enfermedades (Ensminger, 1981).

Los adultos de este parásito se adhieren a las vellosidades intestinales dejando una destrucción, puesto que las hembras adultas son más abundantes y grandes que los machos. Las hembras tienen baja fertilidad con un promedio de 29 huevos por día. Cuando la cabra defeca en tiempo de lluvia los huevos de este nemátodo pueden desarrollarse hasta la fase larvaria (L1) dentro de las heces en 48 horas y pasar a la fase larvaria (L2) para alcanzar posteriormente la tercera fase (L3) en unos 5 a 14 días dependiendo de la temperatura, la (L3) en climas cálidos y húmedos pueden tardar 5 días en salir en cambio en climas templados y fríos pueden tardar en salir aproximadamente en 14 días. Cuando la fase larvaria L3 se aleja de las heces estas trepan por la vegetación y alcanzan partes de la planta que consumen los animales, en zonas cálidas y húmedas permanece viable durante unas semanas pero en período de sequía mueren rápidamente y en climas templados y fríos la (L3) permanece viable durante varios meses, después de ser consumidos la (L3) muda a la fase (L4) y esta invade a la mucosa intestinal después de un periodo de tiempo prolongado la (L4) abandona la luz intestinal para mudar a la fase (L5) y alcanzar la fase adulta y poder reproducirse.-(Mancilla-Montelongo y Torres-Acosta, 2023).

2.4.4. Cooperia

Los parásitos pertenecientes al género *Cooperia* impactan sobre todo el intestino delgado. A pesar de que tienden a ser menos perjudiciales que otros nemátodos,

pueden provocar pérdida de peso y reducción en la capacidad digestiva. Son de tamaño pequeño, con una longitud de entre 1 y 2 cm. Presentan una estructura típica de los nematodos gastrointestinales con un cuerpo cilíndrico y una cápsula bucal pequeña. Se identifican por su forma esquelética particular y por la producción de huevos ovalados que albergan larvas en su interior. Su prevalencia es más alta en áreas húmedas, donde el ciclo vital de las larvas se ve favorecido (Singh *et al.*, 2017).

La etapa pre-parasitaria es libre, lo cual significa que los huevos generados por la hembra se encuentran en el intestino del hospedador y al ser expulsados a través de las heces, tienen la capacidad de eclosionar en la capa fecal y migrar hacia el pasto. Este proceso puede durar entre 1 y 6 semanas. Las larvas L3 se desprenden de su vaina y se trasladan al intestino delgado, donde se desarrollan las larvas L4 y L5, que tienen entre 2 y 3 semanas de vida (Quinatoa, 2023).

El periodo de infección a la demostración del parásito presente en el organismo está comprendido entre los 11 a 14 días y se localizan en el intestino delgado, el cual se alimenta de secreciones y células del epitelio, puesto que en regiones templadas y cálidas las cargas son muy elevadas (Vignau *et al.*, 2005)

Este género no se alimenta de sangre, pero su actividad mecánica irrita la mucosa duodenal y genera diarrea, pérdida de peso, anemia y la muerte del animal (Junquera, 2017).

2.4.5. *Nematodirus*

Los nematodos del género *Nematodirus* se localizan en el intestino delgado. Las hembras presentan mayor longitud que los machos, con un tamaño que oscila entre 12 y 29 mm, mientras que los machos miden entre 10 y 25 mm. Las hembras no

son altamente prolíficas y producen aproximadamente 50 huevos por día (Junquera, 2017).

Aunque estos nematodos no se alimentan de sangre, dañan la mucosa intestinal, lo que ocasiona efectos clínicos significativos. La infección se caracteriza por disminución en la productividad, deterioro del estado general, diarrea y deshidratación marcada. En casos severos, la muerte puede ocurrir aproximadamente tres días después del inicio del brote (Merck, 2007).

El género *Nematodirus* presenta un ciclo de vida directo; no obstante, se distingue de la mayoría de los strongílidos porque los estadios de larva L1, L2 y L3 se desarrollan dentro del huevo antes de eclosionar. El huevo es la forma de resistencia ambiental, y los animales adquieren la infección al consumir pasto contaminado con larvas infectantes L3. El tiempo de incubación varía según la especie (Cordero *et al.*, 1999).

2.4.6. *Bunostomum*

El género *Bunostomum* se caracteriza por presentar adultos de tamaño relativamente grande. Los machos alcanzan aproximadamente 15 mm de longitud, mientras que las hembras pueden medir hasta 25 mm. Estos nematodos se fijan a la mucosa del intestino delgado, especialmente en el yeyuno, donde provocan diversas manifestaciones clínicas (Cordero *et al.*, 1999).

Las larvas del género *Bunostomum* alcanzan el estadio infectante aproximadamente en una semana y pueden sobrevivir hasta 50 días en el pasto bajo condiciones ambientales favorables. La infección del hospedador ocurre principalmente por penetración cutánea, aunque también puede producirse por la ingestión de pasto contaminado. El periodo de prepatencia oscila entre 30 y 60 días (Cordero *et al.*, 1999).

2.4.7. *Strongyloides*

El género *Strongyloides* está constituido por nematodos pequeños, con longitudes que oscilan entre 2 y 9 mm. La infección del hospedador ocurre principalmente por penetración cutánea de las larvas infectantes, aunque también puede producirse por vía oral mediante la ingestión de larvas presentes en el ambiente. Tras la penetración, las larvas migran a través del torrente sanguíneo hacia el corazón y los pulmones; posteriormente, ascienden a la faringe, son deglutidas y alcanzan el intestino delgado, donde se establecen y completan su desarrollo (Cordero *et al.*, 1999).

Este género presenta un ciclo de vida particular que incluye tanto una fase parasitaria en el hospedador como una fase de vida libre en el ambiente, lo que favorece su persistencia y diseminación. Además, las hembras parasitarias son partenogenéticas, es decir, pueden producir huevos sin necesidad de ser fecundadas por un macho. Durante la migración larvaria, pueden generarse lesiones inflamatorias en diversos tejidos. El periodo de prepatencia varía entre 15 y 45 días (Angulo-Cubillán, 2005; Merck, 2007).

En el género *Strongyloides*, las larvas de primer estadio (L1) son eliminadas al ambiente a través de las heces. Una vez fuera del hospedador, pueden seguir dos vías de desarrollo: el ciclo homogónico (directo), en el que evolucionan hasta larvas infectantes (L3), o el ciclo heterogónico, en el que se desarrollan en adultos de vida libre capaces de reproducirse y generar nuevas larvas infectantes, dependiendo de las condiciones ambientales. Aunque los signos clínicos no siempre son evidentes, la infección puede manifestarse con diarrea, pérdida intermitente de peso y disminución del apetito; en algunos casos, también puede observarse la presencia de sangre y moco en las heces (Junquera, 2017).

2.4.8. *Oesophagostomum*

Los nematodos del género *Oesophagostomum* se localizan en el intestino grueso de los rumiantes. Los adultos presentan longitudes de 12 a 16 mm en machos y de 15 a 20 mm en hembras, y se establecen principalmente en el colon, donde no presentan hábitos hematófagos (Cordero *et al.*, 1999).

La infección ocurre cuando el hospedador ingiere larvas infectantes presentes en el pasto. Estas penetran la pared intestinal y desencadenan una respuesta inflamatoria que da lugar a la enteritis nodular, caracterizada por la formación de nódulos granulomatosos en la mucosa y submucosa intestinal. Estos nódulos contienen larvas en desarrollo y pueden localizarse tanto en el intestino delgado como en el grueso. Tras aproximadamente una semana, las larvas emergen de los nódulos y migran hacia el colon, donde completan su desarrollo hasta la fase adulta y se reproducen. El periodo de prepatencia es de 5 a 6 semanas. Los huevos son sensibles a temperaturas extremas; sin embargo, pueden sobrevivir hasta tres meses en el pasto y resistir inviernos suaves (Merck, 2007).

Desde el punto de vista clínico, la enteritis nodular interfiere con la función digestiva y la absorción de nutrientes, lo que se manifiesta como diarrea intermitente, disminución del apetito y pérdida de peso. En infecciones severas, puede evolucionar a desnutrición e incluso anemia, y en infecciones recurrentes por la persistencia de nódulos fibrosos en la pared intestinal adquiere relevancia patológica, ya que estas estructuras pueden no resolverse completamente tras la salida de las larvas. La acumulación progresiva de lesiones nodulares conduce a alteraciones estructurales permanentes en la mucosa y submucosa intestinal, afectando la motilidad y la capacidad de absorción de nutrientes. Este fenómeno resulta particularmente importante en sistemas de producción extensivos, donde la exposición continua a larvas infectantes favorece procesos de reinfección. Bajo estas condiciones, la formación repetida de nódulos y su posterior fibrosis pueden generar un daño crónico que compromete la eficiencia productiva de los animales,

aun en ausencia de cargas parasitarias elevadas en un momento determinado. En este sentido, la enteritis nodular no solo representa una respuesta inflamatoria aguda, sino también un proceso acumulativo con implicaciones a largo plazo en la salud intestinal y el desempeño productivo (Rosales, 2015).

2.4.9. *Trichuris*

La tricuriasis es una enfermedad parasitaria causada por nematodos comúnmente conocidos como “gusanos látigo”. Se desarrolla cuando estos vermes parasitan la mucosa del intestino grueso de los rumiantes, particularmente el ciego y el colon (Suárez *et al.*, 2013). Son nematodos de color amarillento; los machos miden entre 30 y 50 mm de longitud y las hembras de 70 a 80 mm (Cordero *et al.*, 1999).

Cuando el animal consume pastos o agua contaminados, ingiere los huevos con las larvas infectivas, estas después de llegar al final del intestino delgado, emergen del huevo y permanecen en ese lugar entre 2 y 10 días, hasta que se mueven al ciego. Allí terminan su desarrollo a adultos y se reproducen (Merck, 2007).

En los rumiantes menores, las infestaciones provocan diarreas acuosas abundantes que están asociadas con la reducción del crecimiento y que pueden conducir a la muerte (Galina, 2000).

2.5. Ciclo biológico de los NGI

La mayoría de los nematodos gastrointestinales presentan un ciclo de vida directo, es decir, no requieren hospedadores intermediarios para completarlo. Dicho ciclo se divide en dos fases bien definidas: una fase endógena, que ocurre dentro del hospedador, y una fase exógena, que se desarrolla en el ambiente (Aguilar-Caballero *et al.*, 2011). En condiciones medioambientales favorables, el ciclo

biológico de los NGI tiene una duración aproximada de 20 a 25 días (Liu *et al.*, 2025) (Figura 3).

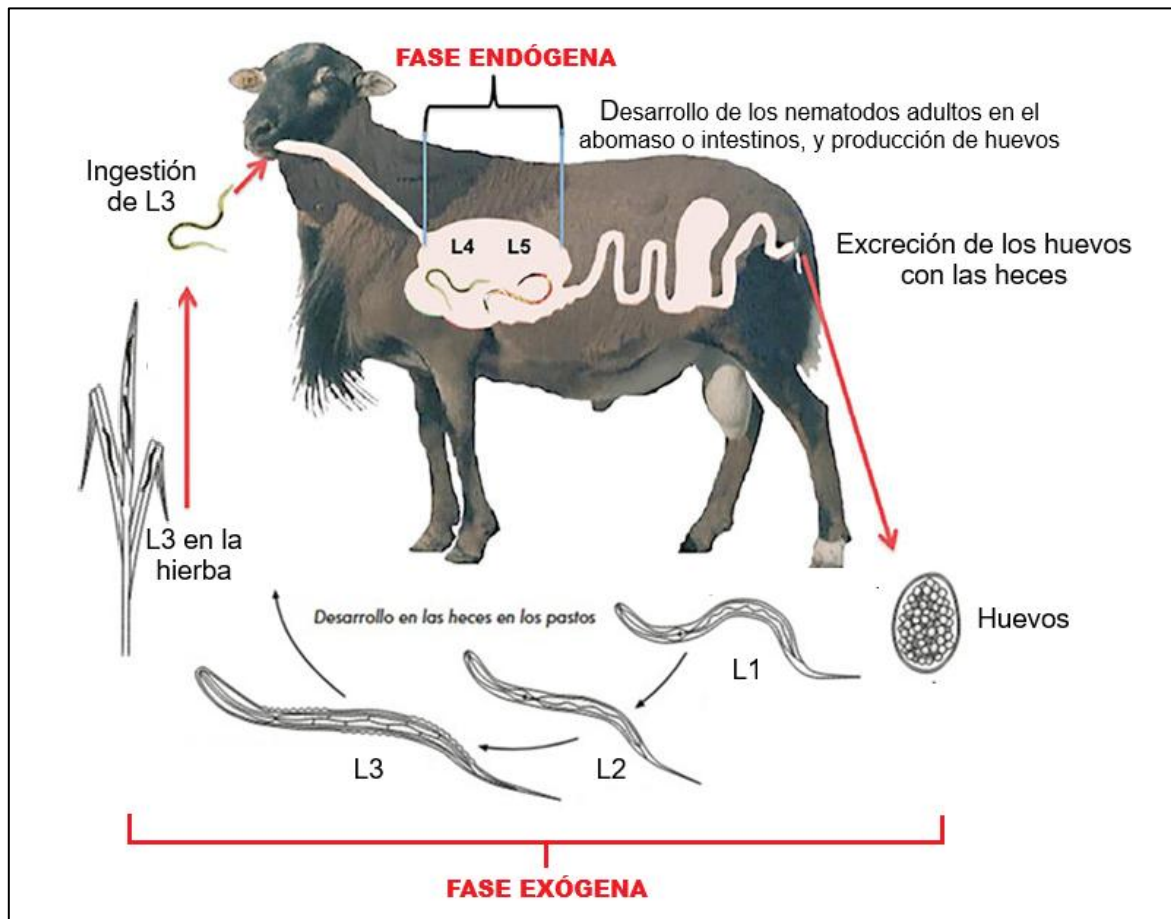


Figura 3. Ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales que afectan a los pequeños rumiantes. En la fase endógena el nematodo se desarrolla dentro del hospedador y en fase exógena el desarrollo ocurre fuera del hospedador (Adaptado de Bautista-Garfias y Aguilar-Marcelino, 2022).

Como se observa en la Figura 3, el ciclo de vida de los NGI comprende una fase parasitaria dentro del hospedador (fase endógena) y una fase de vida libre en el ambiente (fase exógena). En la fase endógena, los nematodos adultos (machos y

hembras) copulan en el abomaso y/o intestino del hospedador, donde las hembras producen huevos que son eliminados al exterior junto con las heces, iniciando así la fase exógena. Los huevos se excretan generalmente en estadio de blástula, con un número variable de blastómeros (16-32), dependiendo de la especie. En el caso de *Nematodirus*, los huevos se distinguen por su mayor tamaño y por contener típicamente ocho blastómeros (Bautista-Garfias y Aguilar-Marcelino, 2022).

La eliminación de huevos (huevos por gramo de heces, HPG) es variable y depende tanto de factores del hospedador -como la edad, el estado inmunitario y la consistencia fecal- como de factores propios del parásito, particularmente la prolificidad de las hembras. Algunas especies son altamente prolíficas, como *Haemonchus* (5,000-10,000 huevos/día); otras presentan prolificidad moderada, como *Trichostrongylus* (100-200 huevos/día); mientras que *Nematodirus* se considera de baja prolificidad (en promedio 50 huevos/día) (Cordero *et al.*, 1999).

Cuando las condiciones ambientales son favorables -tipo de vegetación, época del año, temperatura, humedad y disponibilidad de oxígeno- se desarrolla la larva de primer estadio (L1) en el interior del huevo. Posteriormente, el huevo eclosiona en la materia fecal y la larva muda a segundo estadio (L2) y después a tercer estadio (L3), que constituye la forma infectante. En condiciones óptimas de humedad y temperatura, la L3 puede formarse en un periodo de 5 a 14 días. La supervivencia de esta larva depende de factores como la temperatura ambiental, la humedad, las reservas energéticas y la depredación por otros organismos. La L3 conserva la cutícula del estadio previo (vaina), lo que le confiere mayor resistencia ambiental, y migra hacia la vegetación circundante, donde permanece hasta ser ingerida por el hospedador (Rosales, 2015).

En *Nematodirus* spp., las fases larvarias L1 a L3 se desarrollan completamente dentro del huevo, el cual eclosiona liberando directamente la larva infectante L3. La infección ocurre cuando los animales consumen forraje contaminado con larvas L3. A partir de este momento se inicia la fase endógena, que culmina con el desarrollo

del parásito hasta el estadio adulto. Tras la ingestión, las larvas L3 pierden la vaina en el tracto digestivo bajo la influencia de estímulos fisiológicos del hospedador, como el sistema amortiguador bicarbonato-CO₂ y la presencia de CO₂ gaseoso. Este proceso desencadena la secreción de un fluido de muda que actúa sobre la cutícula, provocando su ruptura y permitiendo la transición al estadio L4. Dependiendo de la especie, las larvas L4 pueden localizarse en la mucosa abomasal o intestinal, donde mudan nuevamente a estadio L5, ya sea dentro de las glándulas o entre las vellosidades intestinales. Posteriormente, emergen al lumen y alcanzan la madurez sexual en un periodo aproximado de 15 a 21 días. En *Nematodirus*, las larvas no penetran profundamente en la mucosa, sino que permanecen entre las vellosidades y alcanzan la madurez en un periodo prepatente de 21 a 26 días (Quiroz, 2013). Las hembras comienzan la oviposición entre los 21 y 28 días postinfección, cerrándose así el ciclo biológico (Aguilar-Caballero *et al.*, 2011).

En determinadas circunstancias, el desarrollo larvario dentro del hospedador puede detenerse durante cuatro a cinco meses. Este fenómeno, conocido como hipobiosis o inhibición larvaria, ocurre generalmente cuando las condiciones ambientales externas son adversas, como durante estaciones secas o periodos fríos. La capacidad de inhibición parece tener un componente hereditario y se interpreta como una estrategia adaptativa frente a factores ambientales desfavorables, la respuesta inmunitaria del hospedador o ambos. Asimismo, la edad del animal y la exposición previa influyen en la presentación de este fenómeno. En ausencia de hipobiosis, el periodo prepatente suele oscilar entre 20 y 25 días (Bowman, 2011).

El pastoreo constituye el principal mecanismo de infección en pequeños rumiantes. Las larvas L3 ingeridas con el forraje requieren aproximadamente tres semanas para desarrollarse hasta el estadio adulto y comenzar la producción de huevos. Una vez eliminados con las heces, los huevos evolucionan en el ambiente y, tras completar tres estadios larvarios, se transforman en larvas infectantes en alrededor de 14 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Las larvas pueden

dispersarse desde las heces hacia la vegetación de forma pasiva (lluvia, escorrentía) o activa (movimiento propio, pisoteo de los animales). Las L3 presentan notable resistencia y pueden sobrevivir durante meses en el pasto, incluso bajo condiciones climáticas extremas, lo que favorece la persistencia de la infección en los sistemas de producción (Bautista-Garfias y Aguilar-Marcelino, 2022).

2.6. Manifestaciones clínicas de parasitosis por NGI en caprinos

La sintomatología que permite sospechar la presencia de nemátodos gastrointestinales en el ganado caprino es inapetencia, letargo, pérdida de peso, distensión abdominal, diarrea, deshidratación, pelo hirsuto (largo, seco y quebradizo), mucosas pálidas, edemas, conjuntiva blanquecina; todo lo cual va acompañado de disminución del hematocrito. En fases terminales de la enfermedad se observa emaciación y muerte del animal (Angulo-Cubillán, 2005).

Los rumiantes que padecen infecciones severas por nemátodos gastrointestinales (NGI) manifiestan signos clínicos como diarrea, pérdida de peso, cuello de botella (edema mandibular), anemia, debilidad y muerte (Torres *et al.*, 2014); sin embargo, es importante considerar que la sintomatología puede variar en función del estado nutricional, la edad, el grado de infección y el estado fisiológico del animal (Cáceres *et al.*, 2021).

2.7. Tratamientos antihelmínticos

El tratamiento antihelmíntico (AH) es el instrumento con mayor uso para controlar NGI. Pero el empleo indiscriminado y frecuentemente incorrecto de los AH ha posibilitado que las poblaciones de NGI desarrollen resistencia. (Torres-Acosta *et al.*, 2003).

Se encuentran varios tipos de AH con diferentes mecanismos de acción, estos deben de ser tóxicos y puede lograrse mediante la inhibición de procesos metabólicos que sean esenciales para el parásito (Lara, 2007).

A su vez los antihelmínticos se caracterizan debido a su amplio espectro el cual es capaz de eliminar gran variedad de parásitos y están divididas en cinco familias: imidazotiazoles, tetrahidropirimidinas, benzimidazoles, salicilanilidas y lactonas macrocíclicas (Cuadro 2), en cambio el de corto espectro es diseñado para aniquilar solamente un grupo de parásitos específicos (Moreno, 2012).

Cuadro 2. Grupos de antihelmínticos disponibles en el mercado.

Grupo de antihelmínticos	Fármacos disponibles
Imidazotiazoles	Levamisol Tetramisol
Tetrahidropirimidinas	Morantel Pirantel
Benzimidazoles	Tiabendazol Febendazol Albendazol Oxfendazol Parbendazol Cambendazol Mebendazol Lufendazol Luxabendazol Triclabendazol Probenzimidazoles (tiofanato, febantel y netobimin) Oxiclosanida
Salicilanilidas	Rafoxanida Closantel Niclosanida
Lactonas macrocíclicas	Milbemicina (milbemicin y doramectina) Avermectinas (abamectina, doramectina y moxidectina)

(Lara, 2007).

2.7.1. Imidazotiazoles

La función que emplea los productos de este grupo se sustenta en la parálisis espástica del parásito por la liberación de acetilcolina que con ello tiene efectos musarínicos y nicotínicos. Inhibe la enzima fumarato reductasa, así como también la oxidación del ácido succino parasitario y bloquea el metabolismo de los

carbohidratos (Merck, 2007). Del grupo el levamisol es el que comúnmente es utilizado debido a su disponibilidad comercial pues siendo más potente que el tetramisol, siendo más efectivo y seguro contra estados maduros del parásito (Lara, 2003).

2.7.2. Tetrahidropirimidinas

Son correspondientes de un grupo de nematocidas que muestran efecto obstruyendo la vía de transmisión neuroganglionar del parásito (Sumano y Ocampo, 2006).

El morantel, pirantel y oxantel son antiparasitarios que muestran acción en los estados adultos de los nemátodos gastrointestinales excepto en formas larvarias (Lara, 2007).

El morantel es un fármaco de corto espectro efectivo en NGI, muestra mucha más actividad debido a su baja solubilidad y se exige bajas dosis (Lara, 2003). El pirantel es de amplio espectro se puede mezclar con ivermectinas, prazicuantel, febendazol, mebendazol teniendo resultado en parasitosis severas (Sumano y Ocampo, 2006).

2.7.3. Benzimidazoles y probenzimidazoles

Estos muestran comportamiento en el metabolismo energético de los parásitos e impiden la disociación mitocondrial que favorece la secreción de colinesterasa, lo cual es vital para la producción de energía (Ruiz y Hernández, 2010). Además, los benzimidazoles y probenzimidazoles tienen un mecanismo de acción similar, pero para algunos parásitos es diferente debido a su metabolismo ya que las concentraciones y tiempo de duración en sangre y abomaso en huésped son diferentes (Lara, 2003).

Algo propio de los benzimidazoles es su baja solubilidad en agua por el cual afecta la efectividad ya que en rumiantes en el tracto gastrointestinal se absorbe diminutas cantidades excepto el febendazol, oxfendazol y thiabendazol. (Lara, 2007)

Están disponibles en el mercado el Mebendazol que está indicado como nematocida y cestodicida tomando efecto a (*Trichuris spp.*, *Strongyloides spp.*, *Strongylus spp.*), Albendazol para parasitosis resultadas por (*Trichostrongylus spp.*, *Ostertagia spp.*, *Oesophagostomum spp.*, *Cooperia spp.*, *Nematodirus spp.*, *Bunostomum spp.*, *Chabertia spp.*, *Strongyloides spp.*, *Haemonchus spp.*), Fenbendazol fármaco de amplio espectro tratando *Haemonchus sp*, *Ostertagia spp.*, *Trichostrongylus spp.*, *Nematodirus spp.* (Sumano y Ocampo, 2006).

Para probenzimidazoles su modo de acción es similar al de los benzimidazoles, el Febantel es propio para nematodos gastrointestinales y pulmonares en etapa adulta y larvaria donde destacan *Haemonchus spp.*, *Ostertagia spp.*, *Trichostrongylus spp.*, *Strongyloides spp.*, *Nematodirus spp.*, *Bunostomum spp.* (Sumano y Ocampo, 2006).

2.7.4. Salicilanilidas

En este grupo se incluye el closantel, un antihelmíntico de amplio espectro y representativo de las salicilanilidas. Se caracteriza por una eliminación lenta, ya que puede permanecer en el organismo hasta por 15 días. Es eficaz principalmente contra *Haemonchus contortus* (Lara, 2003).

Su mecanismo de acción se basa en la desacoplación de la fosforilación oxidativa, lo que interfiere con la producción de energía en el parásito y conduce a su muerte. El espectro del closantel es más limitado en comparación con otros grupos, ya que su eficacia se concentra principalmente en nematodos hematófagos (Junquera, 2017).

2.7.5. Lactonas macrocíclicas

Las avermectinas y milbemicinas son lactonas macrocíclicas con actividad endectocida, ampliamente utilizadas en el control de nematodos y artrópodos (Lara, 2007). Estos compuestos se obtienen por fermentación de bacterias del género *Streptomyces* (Pérez-Cogollo *et al.*, 2018).

El mecanismo de acción de las lactonas macrocíclicas se basa en la unión a canales de cloro regulados por glutamato en células musculares y neuronales de los parásitos, lo que provoca hiperpolarización de la membrana, bloqueo de la neurotransmisión, parálisis flácida e inhibición de la alimentación (Lara, 2007).

Se clasifican en avermectinas (ivermectina, abamectina) y milbemicinas (moxidectina, milbemicina) (Sumano y Ocampo, 2006). Las avermectinas presentan actividad residual prolongada, lo que incrementa su eficacia, aunque también implica periodos de retiro prolongados en caprinos (hasta 56 días) (Merck, 2007).

Aunque son eficaces contra nematodos y ectoparásitos, carecen de actividad frente a cestodos y trematodos. Además, su excreción en heces puede afectar la fauna edáfica asociada al estiércol, lo que constituye una limitante ambiental relevante (Pérez-Cogollo *et al.*, 2018).

2.8. Estrategias de control de los NGI

Debido a la resistencia que los nemátodos gastrointestinales han adquirido a los antihelmínticos comerciales, y la importancia del bienestar animal se han buscado alternativas para el control de estos parásitos (Montellano *et al.*, 2022).

Entre las estrategias que se han estudiado para el control de NGI en caprinos, se encuentran las siguientes:

2.8.1. Desparasitación selectiva dirigida (DSD)

La desparasitación selectiva dirigida (DSD) permite identificar a las cabras con elevadas cargas parasitarias que podrían comprometer su salud o productividad. Esta estrategia emplea criterios como la condición corporal y la evaluación mediante FAMACHA© para detectar animales en riesgo; posteriormente, se realiza el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) a partir de muestras fecales. Cuando el valor supera los 750 HPG, el animal es desparasitado; en caso contrario, permanece sin tratamiento. De esta manera, únicamente se tratan los animales que realmente lo requieren, evitando la desparasitación indiscriminada del rebaño (Figura 4). La disponibilidad de métodos diagnósticos en campo facilita la implementación de este tipo de tratamientos selectivos, reduciendo la necesidad de administrar antihelmínticos a todos los animales (Chocobar *et al.*, 2020). Además, la DSD representa una alternativa económica que puede aplicarse repetidamente y contribuye a disminuir la probabilidad de generar poblaciones de parásitos resistentes a los antihelmínticos dentro del rebaño (Bertona y Torrents, 2016; Torres-Acosta *et al.*, 2014).

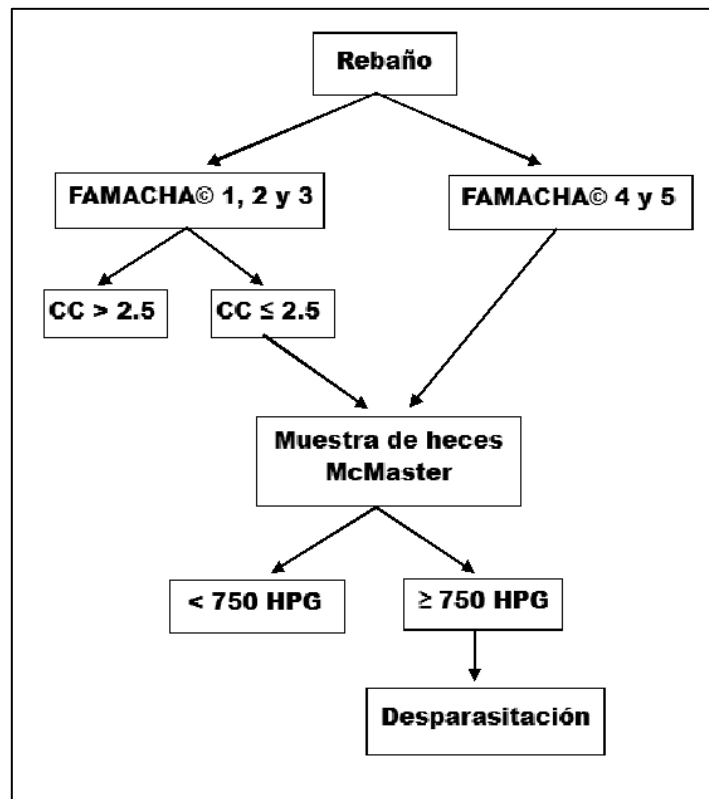


Figura 4. Desparasitación selectiva dirigida para el control de nematodos gastrointestinales de cabras (CC= Condición Corporal; HPG= huevos por gramo de heces).

2.8.2. FAMACHA©

La FAMACHA© se emplea para determinar el nivel de anemia del animal mediante una tarjeta compuesta por cinco colores, comenzando con un rojo intenso hasta un blanco pálido, mediante una escala que parte del 1 al 5 (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021). Para ello se observa la coloración de la mucosa ocular (Figura 5) y se le asigna un número de acuerdo con la siguiente escala: (1) color rojo, (2) rojo rosado, (3) rosado, (4) rosado blanco, (5) blanco (FAO, 2001).

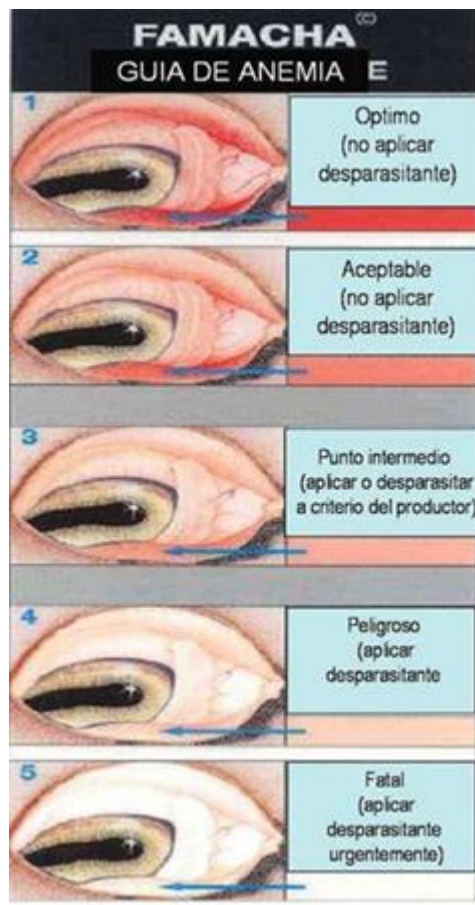


Figura 5. Carta apoyo para la técnica FAMACHA®-Guía de anemia (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

2.8.3. Condición corporal (CC)

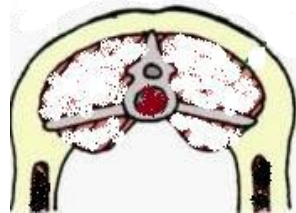
La condición corporal (CC) es una evaluación que estima el nivel de grasa en zonas anatómicas estratégicas en el animal mediante apreciación visual y permite asignar un puntaje en escala de 1 a 5. Este método, no invasivo y de bajo costo, sirve como indicador del estado fisiológico y nutricional del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

Para medir la CC de las cabras se utiliza una escala de uno a cinco unidades, que clasifican los estados corporales según el grado de grasa subcutánea en las apófisis de las vértebras lumbares, donde la unidad 1 es un animal emaciado y la 5,

representa un animal obeso de acuerdo con Ghosh *et al.* (2019) y como se muestra en el Cuadro 3.

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

CC	Apariencia física	Puntos de revisión del esqueleto	Diagrama (sección transversal)
1	Animal emaciado y debilitado. La parte trasera es muy visible y el flanco es hueco. Las costillas son claramente visibles. No presenta cobertura grasa y los dedos penetran fácilmente en los espacios intercostales.	La apófisis espinosa es muy prominente y le da una apariencia ósea. Hay muy poco músculo y nada de grasa entre la piel y el hueso. Una depresión prominente va desde la apófisis espinosa hasta la apófisis transversa. La mitad de la apófisis transversa es claramente visible. El cartílago y las articulaciones que unen las costillas y el esternón se palpan fácilmente.	
2	Los huesos son ligeramente visibles; la columna vertebral es moderadamente visible con una cresta prominente. Las costillas se palpan. Presentan una ligera capa de grasa. Los espacios intercostales son lisos, pero aún se pueden penetrar.	Las apófisis espinosas presentan una cresta prominente. Un tercio de las apófisis transversas son visibles y es posible pasar los dedos por debajo aplicando presión. La zona muscular es de profundidad moderada y presenta una ligera capa de grasa entre ambas apófisis. El flanco es hueco.	

3	La columna vertebral no es tan prominente. Las costillas no son claramente visibles; están cubiertas por una fina capa de grasa. Tras aplicar presión, se pueden palpar los espacios intercostales.	Las apófisis espinosas y transversas son lisas y redondeadas. La zona muscular está repleta de una moderada capa de grasa entre ambas apófisis. Los flancos son ligeramente cóncavos.	
4	No se aprecia la columna vertebral. No se ven las costillas (cubiertas por una gruesa capa de grasa). El costado del animal tiene una apariencia ligeramente redondeada.	Las apófisis espinosas tienen una apariencia plana. Las apófisis transversas no son visibles y requieren una presión considerable para encontrar sus extremos. La zona muscular está llena de una gruesa capa de grasa entre las apófisis. No se aprecia una depresión en el flanco debajo del lomo.	
5	La columna vertebral está completamente cubierta de grasa. Las costillas no son visibles. No se observa la curvatura del flanco. Excesiva acumulación de grasa en la región pélvica y el esternón.	El grosor del músculo y la grasa es tan grande que las demarcaciones en la apófisis espinosa se pierden por completo. Hay una transición abultada entre ambas apófisis. El grosor del músculo y la grasa es muy marcado y difícil de palpar en la apófisis transversa. La grasa esternal cubre el esternón, uniéndose a la grasa que recubre el cartílago y las costillas.	

2.8.4. Rotación de antihelmínticos

La rotación de antihelmínticos con distintos mecanismos de acción constituye una estrategia para mitigar la resistencia antihelmíntica. Esta consiste en alternar los principios activos entre ciclos de tratamiento, con el fin de disminuir la presión de selección y limitar la propagación de poblaciones parasitarias resistentes (Nari *et al.*, 2000).

2.8.5. Rotación de potreros o manejo del pastoreo

El pastoreo rotacional es una estrategia de control de NGI que consiste en desplazar a los animales antes de que se expongan a altas cargas de larvas infectantes (L3) en el forraje (Torres-Acosta *et al.*, 2012).

Asimismo, la altura del pasto es un factor clave, ya que el pastoreo en forrajes muy cortos incrementa la ingestión de larvas y afecta negativamente la regeneración vegetal. Por ello, se recomienda evitar el pastoreo en alturas menores a 10 cm y ajustar la carga animal o el tiempo de permanencia en el potrero, con el fin de reducir la exposición a parásitos (Zajac, 2013).

2.8.6. Uso de plantas antihelmínticas

Abbas *et al.* (2020) señalan que diversas plantas medicinales constituyen una alternativa potencial en el control de parásitos, debido a su actividad antihelmíntica demostrada en estudios experimentales.

Diversas investigaciones han demostrado que las plantas leguminosas contienen metabolitos secundarios, como los taninos, con potencial actividad antihelmíntica. Por ejemplo, en estudios *in vivo* con cabras experimentalmente infectadas con *Haemonchus contortus*, la inclusión del 10% de hojas deshidratadas de *Acacia* spp.

en la dieta redujo hasta en un 70% el conteo de huevos del parásito (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

En zonas áridas, destaca *Larrea tridentata* (gobernadora), una especie con compuestos bioactivos que le confieren propiedades antiparasitarias, lo que la posiciona como una alternativa potencial en el control de nematodos gastrointestinales (Torres-Hernández, 2021).

2.8.7. Vacunas

La evaluación de antígenos parasitarios ha permitido el desarrollo de vacunas recombinantes dirigidas contra nematodos gastrointestinales, particularmente *Haemonchus contortus*. En este contexto, se ha desarrollado la vacuna Barbervax, obtenida a partir de antígenos de la superficie intestinal del parásito. No obstante, esta vacuna proporciona únicamente protección parcial, lo que limita su eficacia en condiciones de campo (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

2.8.8. Selección genética

Se ha documentado variabilidad genética intra e inter-racial en la resistencia y resiliencia frente a nematodos gastrointestinales y otras parasitosis. La resistencia se refiere a la capacidad del hospedador para limitar la carga parasitaria, mientras que la resiliencia implica la habilidad de mantener el desempeño productivo a pesar de la infección. En este contexto, la selección genética de animales se basa en la heredabilidad de estos caracteres, utilizando indicadores como el conteo de huevos por gramo de heces (HPG), la condición corporal y parámetros productivos. Esta estrategia permite reducir la dependencia de antihelmínticos y contribuir al control sostenible de las parasitosis (Burke, 2024).

No obstante, su implementación representa una estrategia de largo plazo, ya que requiere varios ciclos generacionales para consolidar los avances genéticos, además de implicar costos elevados asociados al registro, monitoreo y evaluación de los animales (Pérez-Hernández *et al.*, 2022).

2.8.9. Suplementación alimenticia

En la última década, el incremento de la resistencia antihelmíntica ha impulsado el desarrollo de estrategias no farmacológicas basadas en enfoques integrados y sostenibles. En este marco, la suplementación nutricional se ha consolidado como una herramienta para optimizar la respuesta del hospedador, favoreciendo su resistencia y resiliencia, además de ejercer efectos nutracéuticos sobre los parásitos (Quadros y Burke, 2024).

De manera general, la suplementación puede contribuir al control de NGI por tres vías complementarias:

- Optimizar el estado nutricional para sostener la respuesta inmune y la reparación tisular (resiliencia).
- Acelerar y mejorar la respuesta inmunitaria antihelmíntica (resistencia), especialmente cuando se corrigen déficits de proteína metabolizable y/o micronutrientes.
- Aportar compuestos bioactivos (por ejemplo, taninos condensados, metabolitos secundarios) con potencial efecto antihelmíntico o anti-fecundidad. (Hoste *et al.*, 2022; Quadros y Burke, 2024).

- **Bases biológicas: interacción nutrición–inmunidad–parasitismo en cabras**

La infección por NGI provoca alteraciones digestivas y metabólicas (pérdida de proteína endógena, reducción del consumo, menor digestibilidad, inflamación de mucosa) que disminuyen la eficiencia de utilización de nutrientes. A su vez, la respuesta inmune frente a NGI tiene costos nutricionales importantes (síntesis de inmunoglobulinas, células efectoras, mediadores, reparación de mucosa, hematopoyesis), por lo que una dieta limitante, en especial en proteína metabolizable, tiende a agravar la carga parasitaria y los signos clínicos (Atiba *et al.*, 2020).

En cabras, la evidencia reciente respalda que la calidad y disponibilidad de proteína puede ser un factor crítico para activar mecanismos de resistencia. Un ejemplo sólido es el estudio en cabritos criollos donde una suplementación enriquecida con proteína protegida en rumen indujo respuestas tempranas asociadas a mayor control de *H. contortus*, comparada con dietas sin suplemento o con suplemento estándar (Cériac *et al.*, 2019).

Hay evidencia en que una dieta mejorada con suplementación mejora la resistencia del hospedero (Figura 6).



Figura 6. Representación esquemática de las necesidades nutricionales adicionales y su déficit asociado con las infecciones por NGI (Hoste *et al.*, 2016).

- **Suplementación proteica y energética: objetivos, evidencia y aplicaciones**

En este contexto, los conceptos de resiliencia y resistencia adquieren gran relevancia, ya que permiten comprender cómo algunos animales pueden tolerar o limitar la infección parasitaria sin comprometer significativamente su desempeño productivo (Maurizio *et al.*, 2023)

Resiliencia: se refiere a la capacidad del animal para mantener su producción y estabilidad fisiológica a pesar de la infección parasitaria. Los animales resilientes presentan mejores indicadores productivos y fisiológicos, como valores adecuados de hematocrito, concentraciones de proteína sérica, buena condición corporal y tasas normales de crecimiento, aun cuando estén expuestos a la presencia de parásitos (Maurizio *et al.*, 2023).

Resistencia: corresponde a la capacidad del hospedero para limitar el establecimiento, desarrollo o reproducción de los parásitos. Esto se refleja en una menor carga parasitaria y en una reducción en la eliminación de huevos en las heces, generalmente evaluada mediante el conteo de huevos por gramo de heces (HPG o EPG) (López *et al.*, 2025).

La literatura reciente sugiere que, bajo desafíos por NGI, la suplementación tiende a mostrar mayor consistencia cuando:

- Se utiliza para corregir déficits (pastoreo en época seca, baja oferta/proteína del forraje),
- Se focaliza en categorías fisiológicas con alta demanda (destete/crecimiento; periparto/lactancia), y
- Se integra a un monitoreo clínico-parasitológico (FAMACHA®, HPG, condición corporal) (Quadros y Burke, 2024).

Cériac *et al.* (2019) demostraron que un suplemento enriquecido con proteína protegida en rumen se asoció con un perfil de respuesta temprana más favorable para el control de *H. contortus* en cabritos, reforzando la hipótesis de que la proteína metabolizable es más determinante que la energía para la resistencia en infecciones por NGL.

En un estudio de campo en cabras lecheras naturalmente infectadas (Argentina), la suplementación con proteína (19%) y cobre se asoció con mejores indicadores parasitológicos y fisiológicos hacia el parto, incluyendo menor HPG y mejores valores de hematocrito/proteínas séricas; además, se observó mayor producción láctea en los grupos intervenidos. Este estudio es relevante por su enfoque aplicado en condiciones productivas, particularmente en el periodo de mayor vulnerabilidad (periparto) (Olmos *et al.*, 2023).

La integración de la suplementación nutricional con estrategias de manejo orientadas a disminuir la exposición a larvas infectantes (L3), como el pastoreo rotacional y mixto, puede generar efectos sinérgicos sobre la dinámica de la infección y el desempeño del hospedador. En cabritos criollos, esta combinación ha demostrado mejorar tanto la respuesta al parasitismo como los parámetros productivos (Bambou *et al.*, 2021).

En la práctica, se debe implementar la suplementación en:

- **Época seca o de baja calidad del forraje:** priorizar el suministro de proteína, o combinaciones de proteína y energía, para evitar que el déficit nutricional incremente la severidad clínica de las infecciones parasitarias (Quadros y Burke, 2024)
- **Periparto:** iniciar la suplementación entre 4 y 8 semanas antes del parto y mantenerla al inicio de la lactancia, con el fin de amortiguar el incremento

periparto del conteo de huevos por gramo de heces (HPG) y sostener los parámetros hematológicos y productivos (Olmos *et al.*, 2023).

- **Reemplazos y animales en crecimiento:** enfocar la suplementación en proteína de alta calidad, incluyendo, cuando sea necesario, fracciones de proteína no degradable en el rumen (PNDR), especialmente en rebaños con alta presión de infección.

Los micronutrientes influyen en la inmunocompetencia (antioxidantes, hematopoyesis, función de barreras), y algunos pueden tener efectos indirectos relevantes en la anemia asociada a *H. contortus*. La evidencia reciente en caprinos sugiere beneficios cuando se corrigen deficiencias y cuando se integran a planes sanitarios racionales. En el estudio aplicado en cabras lecheras, la inclusión de cobre junto con proteína formó parte de un esquema con mejoras en indicadores fisiológicos y parasitológicos (Olmos *et al.*, 2023).

Una estrategia clave es la suplementación con cobre, la cual debe manejarse con prudencia debido a su estrecho margen de seguridad y a la variabilidad en la tolerancia según la raza y las condiciones ambientales. Por ello, su aplicación debe basarse en un diagnóstico nutricional y en asesoría técnica especializada (Hoste *et al.*, 2022).

En la última década, ha cobrado fuerza el concepto de “nutracéuticos”: alimentos o subproductos con compuestos bioactivos capaces de contribuir al control parasitario. En caprinos, los más estudiados incluyen taninos condensados (TC) provenientes de leguminosas/arbustos, así como combinaciones con otros metabolitos secundarios (Neha *et al.*, 2024).

Los TC pueden reducir la infección por NGI mediante:

- Efectos directos sobre huevos/larvas o sobre la biología del parásito (p. ej., reducción de fecundidad),

- Modulación de la microbiota-ambiente ruminal e intestinal,
- Mejora del aprovechamiento proteico (protección de proteína en rumen) con efecto favorable sobre la inmunidad del hospedero (Hoste *et al.*, 2022).

Recientemente, se ha destacado una revisión sobre el uso de subproductos agroindustriales con contenido de taninos dentro de estrategias de control integrado, la cual aborda evidencia *in vitro* e *in vivo*, además de considerar ventajas logísticas y análisis tipo FODA para su implementación en sistemas productivos (Hoste *et al.*, 2022).

En 2024, se publicó un ensayo en cabritos en el que dietas con pellets de hoja de *Sericea lespedeza*, solas o combinadas con harina de semilla negra, mostraron reducciones significativas en indicadores parasitológicos, incluyendo el conteo de nematodos gastrointestinales, así como efectos favorables en el desempeño productivo (Neha *et al.*, 2024). Asimismo, reportes de investigación aplicada en el sureste de Estados Unidos evidencian el interés continuo del consorcio de control parasitario en pequeños rumiantes por el uso de compuestos secundarios de esta leguminosa dentro de estrategias de control integrado (Terrill, 2024).

En condiciones de pastoreo, las cabras pueden modificar su consumo y selección de especies vegetales en función de la infección y del contenido de TC. Un estudio en sistemas de vegetación heterogénea demostró que la interacción entre los NGI y TC influye en la selección de recursos forrajeros por parte de los animales. Este hallazgo tiene implicaciones para el diseño de sistemas forrajeros y el desarrollo de estrategias de suplementación y ramoneo que promuevan la automedicación y el consumo de plantas ricas en compuestos secundarios (Torres-Fajardo *et al.*, 2019).

La tendencia más consistente en la literatura reciente es que la suplementación funciona mejor como componente de un programa integrado, no como medida aislada. En revisiones recientes sobre alternativas no quimioterapéuticas, se enfatiza que los enfoques “verdes” (nutrición, manejo de pastoreo, genética,

biocontrol, etc.) están en distintos niveles de desarrollo y deben combinarse para sostener eficacia y reducir dependencia de antihelmínticos (Peña-Espinoza *et al.*, 2025).

En esa lógica, la suplementación puede articularse con:

- Desparasitación selectiva dirigida (DSD), FAMACHA®/condición corporal/HPG) para reducir presión de selección por resistencia.
- Rotación y descanso de potreros, ajuste de carga animal y manejo de altura de pastoreo.
- Pastoreo mixto (caprinos con bovinos/ovinos donde aplique) y/o alternancia de especies para disminuir reinfección (Bambou *et al.*, 2021; Peña-Espinoza *et al.*, 2025).

A partir de la evidencia, una propuesta práctica (adaptable a tesis y a condiciones regionales) puede organizarse en cuatro momentos:

1º-Diagnóstico inicial (línea base):

- HPG seriado (por ejemplo, cada 14–21 días en temporada crítica),
- FAMACHA®, condición corporal, ganancia diaria de peso,
- Identificación de categorías de mayor riesgo (cabritos destetados, periparto) (Cériac *et al.*, 2019).

2º-Diseño del suplemento (según objetivo):

- Resiliencia: proteína/energía + corrección mineral según análisis.

- Resistencia: reforzar proteína de alta calidad (considerar fracciones de fracciones de proteína no degradable en el rumen cuando sea viable).
- Nutracéutico: inclusión planificada de fuentes con TC (forrajes, pellets, subproductos) evaluando dosis/aceptabilidad y posibles efectos sobre digestibilidad. (Cériac *et al.*, 2019; Hoste *et al.*, 2022; Neha *et al.*, 2024).

3º-Aplicación estratégica (tiempo y categoría):

- 4–8 semanas antes del parto y primeras semanas de lactancia (Olmos *et al.*, 2023).
- Destete y crecimiento temprano;
- Periodos de baja proteína del forraje.

4º-Evaluación de respuesta y ajuste:

- Métricas parasitológicas (reducción de HPG y coprocultivo si se requiere),
- Métricas productivas (GDP, leche),
- Métricas clínicas (FAMACHA®, hematocrito si se dispone) (Olmos *et al.*, 2023).

La evidencia de los últimos diez años muestra que la suplementación alimenticia es una estrategia viable y con sustento científico para contribuir al control de NGI en cabras en pastoreo, especialmente cuando se utiliza de manera estratégica (en periodos críticos y categorías de mayor demanda), y cuando se integra en programas multicapas que combinan nutrición, manejo y toma de decisiones basada en monitoreo. Los estudios recientes respaldan:

- a) El papel central de la proteína de calidad para mejorar resistencia y resiliencia (Cériac *et al.*, 2019).
- b) Beneficios aplicados en condiciones reales de producción (Olmos *et al.*, 2023).
- c) Sinergias con manejo de pastoreo (Bambou *et al.*, 2021).
- d) El potencial creciente de nutraceuticos basados en taninos condensados y subproductos agroindustriales (Hoste *et al.*, 2022; Neha *et al.*, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en un hato caprino del ejido Agua Nueva, perteneciente al municipio de Saltillo, Coahuila, México (Figura 7).



Figura 7. Mapa mostrando la localización del área de estudio.

3.2. Localización del área de estudio

El ejido Agua Nueva se localiza aproximadamente en las coordenadas geográficas 25°11'35"N 101°05'36"O. Se encuentra a una altitud media de 1,989 msnm, en la región sur del estado de Coahuila, a una distancia aproximada de 41 km al sureste de la ciudad de Saltillo, Coahuila y cuenta con una población total de 464 habitantes (<https://mexico.pueblosamerica.com/i/el-prado-el-mezquite/>)

3.2.2. Vegetación

La vegetación en Agua Nueva, Coahuila es de tipo matorral espinoso e inerme, micrófilo, con opuntias e izotal (Figura 8). Predomina plantas como: la gobernadora (*Larrea tridentata*), el mezquite (*Prosopis juliflora*), Mariola (*Parthenium incanum*), el tasajillo (*Cylindropuntia leptocaulis*). Otras especies, como el nopal, el cedro, las hojasen y el chaparro amargoso, son características de los pastizales donde los hatos caprinos se alimentan en sistemas extensivos (<https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-coahuila-de-zaragoza/vegetacion-coahuila.html>).

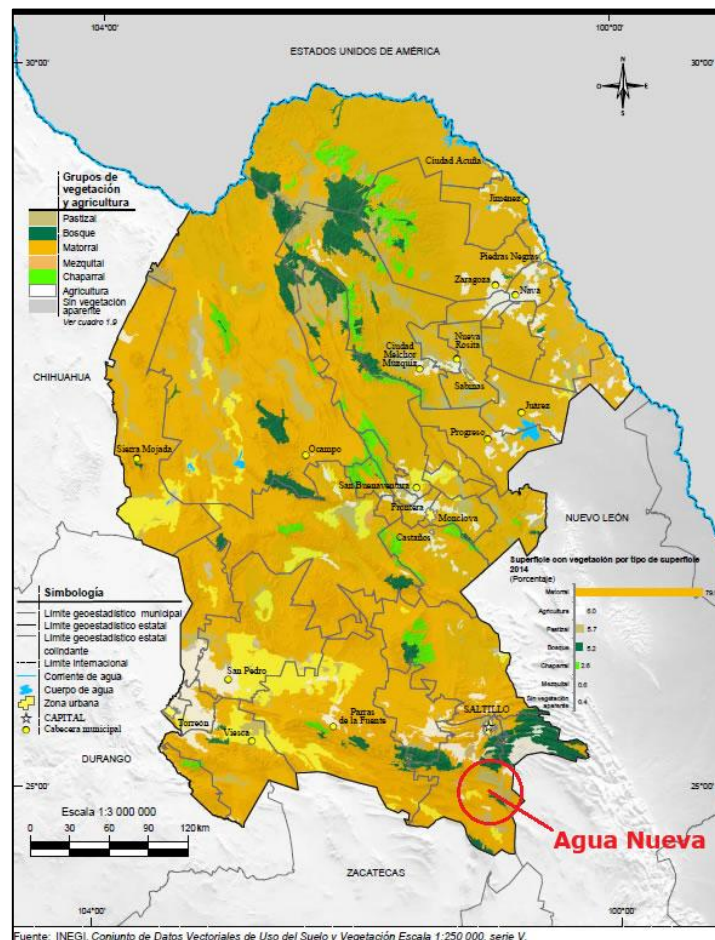


Figura 8. Tipo de vegetación en el área de estudio.

3.2.3. *Clima*

El clima predominante en el Ejido Agua Nueva se clasifica como Estepa Cálida (clasificación 'BSh'). Clima semiárido. No es tan seco como el desierto, permitiendo vegetación de matorrales y pastos. Predominan las temperaturas cálidas. Entre sus parámetros climáticos destaca una temperatura media anual de 16.3°C, con rangos que van desde una mínima de -7.3°C (el día 23.01.1981) hasta una máxima de 35.5°C (el día 20.06.2023). Por su parte, el régimen de lluvias registra una precipitación media anual de 625.4 mm. De media, hay 51 días completamente despejados y 178 días con lluvia al año. El mes más frío del año es enero (10.9°C), el más cálido es junio (20.3°C) y el que más llueve es julio (<https://mexico.pueblosamerica.com/ii/ejido-agua-nueva>)

3.3. *Diseño del experimento*

28 días previos al tratamiento antihelmíntico se realizó un muestreo de heces fecales a todas las cabras adultas del hato con el fin de determinar la carga parasitaria mediante la técnica de McMaster. De esas cabras, se seleccionaron 60 que tuvieron conteos de huevos por gramo de heces (HPG) ≥ 300 , las cuales se asignaron aleatoriamente a tres grupos: **G1** (n=20): Suplementadas con heno de zacate bermuda gigante NK 37 (*Cynodon dactylon*); **G2** (n=20): Suplementadas con heno de alfalfa (*Medicago sativa*); y **G3** (n=20): No se les proporcionó suplemento por lo que quedó como grupo control. A los 14 días previos al tratamiento antihelmíntico se les realizó otro muestreo de heces y al inicio de la fase experimental (día 1), se realizó otro muestreo de heces y se les administró vía subcutánea dos productos antihelmínticos: Ivermectina (0.2 mg/kg p.v. y Closantel (5 mg/kg de p.v.) a todas las cabras del estudio. A los siete días se realizó el primer muestreo de heces postantihelmíntico, y posteriormente cada 14 días por un periodo de 342 días. Los muestreos de heces fueron con el fin de realizar conteos de huevos por gramo de heces mediante la técnica de McMaster para determinar la eficacia de

la suplementación sobre la carga parasitaria por nematodos gastrointestinales. En el Cuadro 4 se muestra el peso promedio de las cabras en cada uno de los grupos al inicio del experimento.

Cuadro 4. Peso promedio de las cabras al inicio del experimento en cada uno de los grupos experimentales.

Grupo experimental	N	Peso promedio (kg)	Significancia estadística P=0.6468
1-Suplementación con zacate	20	35.979	a
2- Suplementación con alfalfa	20	37.121	a
3-Sin suplementación	20	35.724	a

3.4. Manejo de los animales y tratamientos

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

Durante la mañana, antes de salir al pastoreo, a las cabras del grupo 1 se les suministró en promedio un kg de heno de alfalfa por cabra al día, mientras que a las del grupo 2 se les proporcionó un kg de heno de zacate bermuda gigante NK 37 por cabra al día. El suplemento se les proporcionó por un periodo de 90 días, y las cabras del grupo 3 no recibieron suplementación.

El heno de alfalfa contiene un promedio de 16% de proteína cruda, mientras que el pasto bermuda su contenido promedio es de 11% de proteína cruda.

Se realizaron muestreos fecales cada 14 días para determinar la eficacia de la suplementación sobre el conteo de huevos por gramo de heces con la técnica McMaster.

3.5. Valor nutricional de los suplementos

El heno de alfalfa (*Medicago sativa*) se caracteriza por presentar un mayor contenido de proteína cruda y una mayor digestibilidad en comparación con el heno de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*). En términos generales, la proteína cruda del heno de alfalfa oscila entre 15 y 22% en base de materia seca, mientras que su digestibilidad puede alcanzar valores de 60 a 70%, dependiendo del estado fenológico al momento del corte y del manejo durante el proceso de henificación (Van Soest, 1994; NRC, 2001).

En contraste, el heno de pasto bermuda presenta un contenido de proteína cruda considerablemente menor, generalmente entre 6 y 12%, y una digestibilidad que varía entre 50 y 60%. Estas diferencias se atribuyen principalmente a una mayor proporción de tejido estructural y a un mayor grado de lignificación en gramíneas tropicales y subtropicales, lo que limita la degradabilidad de la fibra en el rumen (Van Soest, 1994; Ball *et al.*, 2007).

3.6. Muestreos de heces

Para el conteo de huevos fecales, se recolectaron muestras de heces directamente del recto de cada animal de cada uno de los grupos experimentales, 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 se procesaron dentro de las siguientes 24 horas posteriores a su recolección.

3.7. Conteo de huevos de nematodos gastrointestinales

Para el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) se utilizó la técnica McMaster, conforme a la metodología descrita por Olivas-Salazar *et al.* (2018).

3.8. Coprocultivo para identificación de larvas

Para determinar el género de los nematodos gastrointestinales presentes en las cabras incluidas en el estudio, se llevó a cabo un coprocultivo de heces conforme a la metodología descrita por Corticelli y Lai (1963). Dicho procedimiento consistió en depositar las muestras fecales en cajas de Petri, las cuales fueron humedecidas diariamente con agua purificada y mantenidas en incubación a 27 °C durante un periodo de 11 días, con el fin de favorecer la eclosión de los huevos y el desarrollo larvario. Transcurrido este tiempo, se recuperaron larvas en estadio L3 para su identificación, empleando las claves taxonómicas propuestas por Bowman y Lynn (1999), las cuales se basan principalmente en la morfología de la región cefálica y la longitud de la cola.

3.9. Medición de peso, FAMACHA®, condición corporal y edad.

El peso, la FAMACHA® y la condición corporal se midieron 28 días antes de iniciar el estudio (día -28), el día de inicio (día 1), a la mitad del experimento (día 152) y al finalizar el experimento (día 342). La edad de las cabras se estimó mediante la evaluación de la dentición.

3.10. Análisis estadístico

En el análisis estadístico se consideraron como efectos principales la edad de las cabras y los tratamientos, que fueron el suplemento con alfalfa henificada, heno de zacate y sin suplemento.

Las variables respuesta fueron: el conteo de huevos por gramo heces (HPG) condición corporal (CC), peso de los animales y FAMACHA®.

Para la evaluación de CC y FAMACHA® se usaron procedimientos no paramétricos (Wilcoxon y Kruskal Wallis) y para la evaluación de HPG y peso corporal se usó proc glm del SAS (SAS, 2017).

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Edad de las cabras

Contrario a lo reportado por Reyes-Guerrero *et al.* (2021) y Torres-Acosta y Aguilar-Caballero (2005), en el presente estudio, la edad de las cabras no afectó ($P=0.10$) el conteo de HPG (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la edad sobre el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) en las cabras con o sin suplemento.

Tratamiento	Edad (años)	Hpg
Suplemento con zacate	3.49	962
Suplemento con alfalfa	3.52	1150
Sin suplemento	3.69	1187

Conteo de huevos por gramo de heces (hpg) de NGI

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran la dinámica del conteo de huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales (NGI) en cabras sometidas a tres tratamientos: suplementación con heno de zacate (G1), suplementación con heno de alfalfa (G2) y un grupo control sin suplementación (G3). En general, a los siete días después del tratamiento antihelmíntico con ivermectina y closantel, se observó una reducción casi total del conteo de huevos en los tres grupos (Cuadro 6), lo cual confirma la alta eficacia de los antihelmínticos empleados para disminuir la carga parasitaria en pequeños rumiantes. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado en la literatura, donde se

describe que las lactonas macrocíclicas y las salicilanilidas poseen una elevada efectividad contra nematodos gastrointestinales, especialmente contra *Haemonchus contortus* (Sumano y Ocampo, 2006; Lara, 2007).

Cuadro 6. Promedio de huevos por gramo de heces de nematodos gastrointestinales de las cabras en pastoreo extensivo en cada uno de los grupos durante todo el periodo de estudio.

Días de estudio	G1-Suplemento con zacate	G2-Suplemento con alfalfa	G3- Sin suplemento
-28	477.5	1997.5	1052.5
-14	1472.5	2347.5	1985
1 (administración de antihelmínticos)	1565.79	2060	2684.21
7	0	12.5	10.53
14	7.89	12.5	10.53
28	113.15	15	15.79
42	121.05	30	30
56	68.42	240	113.89
70	131.58	110	194.44
84	286.84	305	316.67
98	394.89	192.5	486.11
112	442.1	392.1	305.6
126	284.38	186.84	191.7
140	234.38	392.1	288.9
152	159.38	150	194.4
189	146.88	178.95	140.6
203	346.88	192.1	203.13
217	278.13	121.1	143.3
231	93.75	276.32	142.3
245	171.88	181.58	146.15
280	303.13	381.58	516.7
294	496.88	768.42	591.7
315	493.75	471.1	573.2
342	403.13	300	472.7

Conforme los animales permanecían bajo condiciones de pastoreo extensivo, se observó una reinfección progresiva en los tres grupos experimentales. Este fenómeno es consistente con la biología de los nematodos gastrointestinales, los cuales presentan ciclos de vida directos y dependen de la ingestión de larvas infectantes L3 presentes en el forraje contaminado (Aguilar-Caballero *et al.*, 2011). En sistemas extensivos de producción caprina, la exposición constante a plantas contaminadas favorece la rápida reaparición de la infección parasitaria después de la desparasitación, especialmente en ambientes semiáridos donde las condiciones climáticas permiten la supervivencia de las larvas en el pasto (Bautista-Garfias y Aguilar-Marcelino, 2022).

Al analizar el comportamiento de los grupos experimentales durante el periodo de estudio, se observó que el grupo suplementado con heno de alfalfa (G2) mostró en varios momentos del experimento conteos de HPG menores o comparables a los del grupo control, particularmente durante etapas intermedias del estudio (Figura 9). Este resultado sugiere que la suplementación nutricional podría contribuir indirectamente al control de los nematodos gastrointestinales mediante la mejora del estado nutricional del hospedador. La literatura científica ha señalado que la suplementación proteica favorece la respuesta inmunitaria del animal contra los parásitos, permitiendo limitar el establecimiento o la fecundidad de los nematodos (Cérial *et al.*, 2019; Hoste *et al.*, 2022).

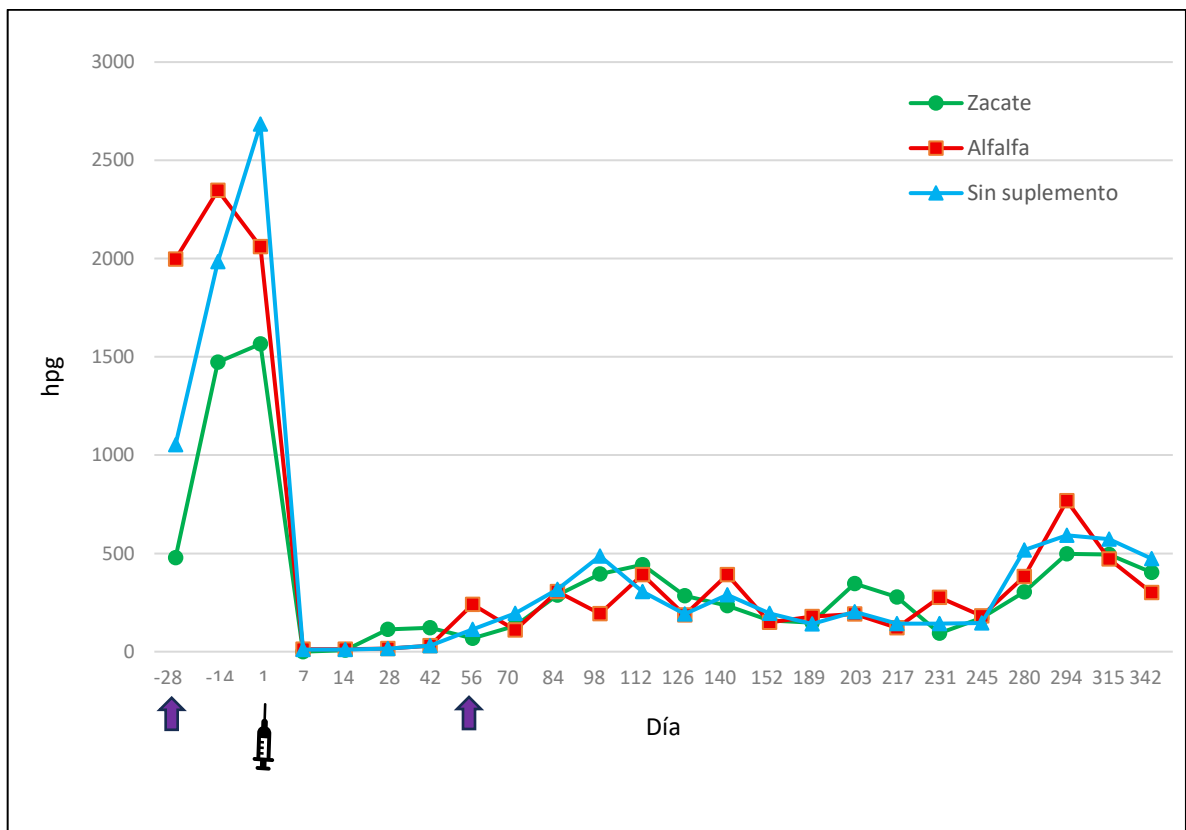


Figura 9. Promedio de huevos por gramo de heces de nematodos gastrointestinales de las cabras en pastoreo extensivo en cada uno de los grupos durante todo el periodo de estudio. Las flechas color morado señalan el inicio de la suplementación (28 días antes del tratamiento) y el fin de la suplementación (56 días postratamiento); la jeringa señala el día en que se administró el tratamiento antihelmíntico (día 1).

Diversos estudios han demostrado que una dieta con mayor contenido de proteína metabolizable puede mejorar la capacidad del hospedador para resistir o tolerar la infección parasitaria. Este fenómeno se explica por el incremento en la síntesis de inmunoglobulinas, la reparación de la mucosa gastrointestinal y el mantenimiento de la hematopoyesis en animales infectados (Quadros y Burke, 2024). En caprinos, la suplementación nutricional ha sido asociada con una reducción en el conteo de

huevos fecales y con mejoras en indicadores fisiológicos y productivos, especialmente durante periodos críticos como el crecimiento o el parto (Olmos *et al.*, 2023).

En contraste, el grupo sin suplementación (G3) presentó en algunos periodos del experimento valores más elevados de HPG, lo cual puede relacionarse con un menor estado nutricional de los animales. La evidencia científica indica que los animales con deficiencias nutricionales suelen mostrar mayor susceptibilidad a infecciones por NGI debido a la limitación de recursos metabólicos necesarios para desarrollar una respuesta inmune efectiva (Hoste *et al.*, 2022). En condiciones de pastoreo extensivo, donde la calidad del forraje suele ser variable y frecuentemente limitada, la suplementación puede desempeñar un papel importante para mejorar la resiliencia de los animales frente a las infecciones parasitarias.

Otro aspecto relevante observado en los resultados es la variabilidad temporal en los conteos de HPG a lo largo del estudio. Este comportamiento es común en estudios parasitológicos y puede estar influenciado por múltiples factores, como las condiciones climáticas, la disponibilidad de larvas en el pasto, la respuesta inmunitaria del hospedador y la heterogeneidad en la susceptibilidad individual de los animales (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero, 2005). Además, en infecciones naturales es frecuente observar fluctuaciones en la eliminación de huevos fecales debido a cambios en la fecundidad de los parásitos y a fenómenos como la hipobiosis larvaria (Quiroz, 2013).

En términos generales, los resultados del presente estudio sugieren que la suplementación alimenticia, particularmente con heno de alfalfa, podría contribuir a mejorar la resiliencia de las cabras frente a la infección por nematodos gastrointestinales en sistemas de pastoreo extensivo. Sin embargo, los resultados también indican que la suplementación por sí sola no elimina completamente la infección, lo que coincide con lo reportado en la literatura reciente, donde se propone que el control efectivo de los NGI debe basarse en estrategias integradas

que combinen manejo nutricional, monitoreo parasitológico y tratamientos antihelmínticos selectivos (Peña-Espinoza *et al.*, 2025).

En este sentido, la suplementación nutricional debe considerarse como un componente complementario dentro de un programa integral de control parasitario, junto con prácticas como la desparasitación selectiva dirigida, la rotación de potreros y el monitoreo mediante técnicas como FAMACHA© y el conteo de huevos fecales (Bertona y Torrents, 2016).

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la infección por nematodos gastrointestinales es un problema persistente en sistemas de producción caprina bajo pastoreo extensivo. Asimismo, evidencian que la suplementación alimenticia puede contribuir a mejorar la respuesta del hospedador frente al parasitismo, aunque su efecto debe evaluarse dentro de un enfoque de manejo integrado que permita reducir la presión de infección y mejorar la productividad del sistema (Hoste *et al.*, 2022; Quadros y Burke, 2024).

Peso de las cabras

Los resultados del presente estudio evidencian un incremento significativo en el peso corporal de las cabras a lo largo del periodo experimental (Cuadro 7). El peso promedio total de los animales aumentó desde 22.98 kg en el día -28 hasta 43.47 kg al día 342, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.0001$), lo que indica un crecimiento importante durante el desarrollo del estudio.

Cuadro 7. Peso promedio total (kg) de las cabras en el estudio por tiempo de muestreo.

Peso (kg)	Día	Significancia estadística
		P<0.0001
22.987	-28	B
35.240	0	B
35.023	152	B
43.474	342	A

Al analizar el comportamiento del peso por grupo experimental, se observa que todos los grupos presentaron incrementos en el peso corporal hacia el final del experimento (Cuadro 8). Sin embargo, el grupo suplementado con heno de alfalfa (G2) presentó el mayor peso promedio al día 342 (44.26 kg), seguido del grupo suplementado con heno de zacate (43.10 kg) y del grupo control sin suplementación (42.68 kg). Estos resultados sugieren que la suplementación nutricional, particularmente con alfalfa, puede contribuir a mejorar el desempeño productivo de las cabras en sistemas de pastoreo extensivo.

Cuadro 8. Promedio y desviación estándar del peso de las cabras por día de muestreo en los tres grupos experimentales.

Grupo experimental	Día	Peso (kg)	Desviación estándar
1-Suplemento con zacate	-28	32.87	6.32
	0	34.78	5.88
	152	34.19	5.18
	342	43.10	5.58
2- Suplemento con alfalfa	-28	33.36	6.00
	0	35.40	6.56
	152	35.75	6.59
	342	44.26	8.46
3-Sin suplemento	-28	32.74	6.00
	0	35.52	6.26
	152	35.00	6.03
	342	42.68	9.32

La alfalfa es reconocida por su alto contenido de proteína cruda, energía digestible y minerales, lo que favorece el crecimiento y la recuperación corporal de los rumiantes. Diversos estudios han demostrado que la suplementación proteica puede mejorar el desempeño productivo de los pequeños rumiantes, especialmente en sistemas extensivos donde la calidad del forraje disponible suele ser limitada (Hoste *et al.*, 2022). En cabras sometidas a infección por nematodos gastrointestinales, la disponibilidad de proteína metabolizable es particularmente

importante, ya que permite sostener tanto los requerimientos de mantenimiento y producción como los costos metabólicos asociados con la respuesta inmunitaria frente a los parásitos (Cérial *et al.*, 2019).

Asimismo, el aumento de peso observado durante el experimento puede relacionarse con la mejora progresiva en la condición fisiológica de los animales tras la desparasitación inicial. La administración de ivermectina y closantel al inicio del experimento redujo considerablemente la carga parasitaria, lo que probablemente permitió mejorar la eficiencia en la utilización de nutrientes y favorecer el crecimiento corporal de las cabras. Se ha documentado que las infecciones por nematodos gastrointestinales provocan pérdidas importantes de nutrientes debido a la reducción del consumo voluntario, daño en la mucosa gastrointestinal y pérdida de proteínas endógenas, factores que afectan negativamente la ganancia de peso (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero, 2005).

Otro aspecto relevante es que, aunque el grupo suplementado con alfalfa mostró el mayor peso final, las diferencias entre grupos no fueron extremadamente marcadas. Esto puede explicarse porque todos los animales se encontraban bajo el mismo sistema de pastoreo extensivo y compartían el mismo ambiente productivo. En este tipo de sistemas, el crecimiento corporal depende no solo de la suplementación, sino también de factores como la disponibilidad y calidad del forraje, la estacionalidad climática y la presión parasitaria en los agostaderos (Bambou *et al.*, 2021).

En general, los resultados del presente estudio coinciden con investigaciones previas que han reportado que la suplementación nutricional puede mejorar el desempeño productivo y la capacidad de los animales para enfrentar infecciones parasitarias. Bambou *et al.* (2021) señalaron que la combinación de suplementación alimenticia y manejo del pastoreo puede mejorar tanto la respuesta frente al parasitismo gastrointestinal como el rendimiento productivo de las cabras.

El incremento significativo del peso corporal observado durante el periodo experimental sugiere que las cabras mantuvieron un adecuado desempeño productivo bajo las condiciones del estudio. La suplementación con heno de alfalfa mostró una tendencia favorable hacia un mayor peso final, lo que respalda el uso de suplementos de alta calidad nutricional como parte de estrategias integradas para mejorar la productividad y el estado fisiológico de las cabras en sistemas de pastoreo extensivo.

Condición corporal (CC)

La condición corporal es un indicador ampliamente utilizado para evaluar el estado nutricional y la reserva energética de los rumiantes, ya que refleja el balance entre la ingesta de nutrientes y los requerimientos fisiológicos del animal (Ghosh *et al.*, 2019). En el presente estudio, la condición corporal promedio de las cabras mostró un incremento progresivo a lo largo del periodo experimental (Cuadro 9), observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de muestreo ($P < 0.0001$), lo que sugiere una mejora en el estado nutricional de los animales durante el desarrollo del experimento (Cuadro 10).

Cuadro 9. Condición corporal promedio de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa por día de muestreo en los tres grupos experimentales.

Grupo experimental	Día	Condición	
		corporal	Desviación estándar
1-Suplemento con zacate	-28	2.15	0.75
	0	2.21	0.42
	152	2.25	0.45
	342	3.75	0.68
2-Suplemento con alfalfa	-28	2.50	0.61
	0	2.45	0.51
	152	3.00	0.00
	342	4.05	0.71
3-Sin suplemento	-28	2.05	0.83
	0	2.16	0.50
	152	2.06	0.42
	342	3.91	0.83

Al analizar la evolución de la condición corporal por grupo experimental, se observó que las cabras suplementadas con heno de alfalfa presentaron valores de condición corporal relativamente superiores en comparación con los otros tratamientos hacia el final del estudio. Por ejemplo, en el día 342 las cabras suplementadas con alfalfa alcanzaron una condición corporal promedio de 4.05, mientras que el grupo sin suplementación presentó valores ligeramente menores (3.91). Este resultado sugiere que la suplementación con forrajes de alta calidad nutricional puede favorecer la acumulación de reservas corporales en sistemas de pastoreo extensivo.

La alfalfa es reconocida por su alto contenido de proteína cruda y su buena digestibilidad, lo que contribuye a mejorar la disponibilidad de nutrientes para el mantenimiento y la producción animal. Diversos estudios han demostrado que la suplementación con alimentos ricos en proteína puede mejorar la condición corporal de los pequeños rumiantes, particularmente cuando los animales se encuentran bajo condiciones de pastoreo donde la calidad del forraje es variable o limitada (Hoste *et al.*, 2022). Asimismo, una mejor condición corporal está asociada con una mayor resiliencia frente a infecciones parasitarias, ya que los animales con mejores reservas energéticas pueden tolerar mejor los efectos fisiológicos de los nematodos gastrointestinales.

Otro factor que pudo contribuir a la mejora de la condición corporal observada en este estudio fue la reducción inicial de la carga parasitaria tras la aplicación de los antihelmínticos. Las infecciones por nematodos gastrointestinales generan importantes pérdidas nutricionales debido al daño en la mucosa digestiva, la disminución del consumo de alimento y la pérdida de proteínas endógenas, lo que repercute negativamente en la condición corporal de los animales (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero, 2005). En este sentido, la disminución temporal de la carga parasitaria pudo favorecer una mejor utilización de los nutrientes disponibles en la dieta.

Cuadro 10. Condición corporal promedio de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa durante todo el periodo de estudio ($p < 0.0001$).

Grupo experimental	Condición corporal	Desviación estándar
1-Suplemento con zacate	2.49	0.87
2- Suplemento con alfalfa	2.99	0.83
3-Sin suplemento	3.38	0.93

Sin embargo, es importante señalar que las diferencias en condición corporal entre los grupos experimentales no fueron extremadamente marcadas. Esto podría explicarse porque todos los animales se encontraban bajo el mismo sistema de manejo y pastoreo, lo que implica que la mayor parte de la dieta provino del forraje disponible en el campo. En sistemas extensivos, la condición corporal depende de múltiples factores, entre ellos la disponibilidad estacional del forraje, la calidad nutricional de la vegetación y la presión parasitaria en el ambiente (Bambou *et al.*, 2021).

De manera general, los resultados obtenidos coinciden con estudios previos que señalan que la suplementación alimenticia puede contribuir a mejorar la condición corporal de los caprinos, especialmente cuando se utiliza como estrategia complementaria dentro de programas integrados de manejo nutricional y sanitario (Cériac *et al.*, 2019; Hoste *et al.*, 2022).

Géneros de NGI presentes en las cabras

El análisis cualitativo de larvas de tercer estadio (L3) recuperadas del coprocultivo mostró predominancia de *Haemonchus spp.* (46%), seguida de *Trichostrongylus spp.* (39%) y *Cooperia spp.* (15%), lo que coincide con la literatura que identifica a *H. contortus* como el principal nematodo hematófago en regiones semiáridas de México (Ramos *et al.*, 2023).

FAMACHA©

La evaluación mediante la escala FAMACHA© es una herramienta ampliamente utilizada en pequeños rumiantes para estimar el grado de anemia asociado principalmente a infecciones por *Haemonchus contortus*, uno de los nematodos gastrointestinales más patógenos en caprinos. Este método permite evaluar la

coloración de la mucosa ocular y clasificar el estado del animal en una escala de 1 a 5, donde valores mayores indican mayor grado de anemia (Reyes-Guerrero *et al.*, 2021).

Al analizar la evolución temporal de los valores de FAMACHA®, se observa que el grupo suplementado con alfalfa mostró una ligera mejoría en el grado de anemia a lo largo del estudio, disminuyendo de 3.35 en el día -28 a 2.47 en el día 342 (Cuadro 11). Este comportamiento podría estar relacionado con una mejor disponibilidad de nutrientes en la dieta, lo cual favorece procesos fisiológicos importantes como la hematopoyesis y la respuesta inmunitaria frente a los parásitos gastrointestinales. La literatura científica ha señalado que una nutrición adecuada, especialmente en términos de proteína y minerales, puede mejorar la resiliencia del hospedador frente a infecciones parasitarias y contribuir a mantener niveles adecuados de hemoglobina y hematocrito (Hoste *et al.*, 2022).

Cuadro 11. FAMACHA© promedio de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa por día de muestreo en los tres grupos experimentales.

Grupo experimental	Día	FAMACHA©	Desviación estándar
1-Suplemento con zacate	-28	2.90	0.45
	0	2.68	0.58
	152	2.81	0.66
	342	2.94	1.12
2-Suplemento con alfalfa	-28	3.35	0.49
	0	2.85	0.49
	152	2.26	0.45
	342	2.47	0.70
3-Sin suplemento	-28	3.15	0.37
	0	2.68	0.48
	152	2.78	0.43
	342	2.55	0.69

Como se muestra en el Cuadro 12, en el presente estudio, los valores promedio de FAMACHA© no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales ($p = 0.65$), lo que indica que la suplementación con heno de zacate o heno de alfalfa no produjo cambios marcados en el grado de anemia de

las cabras durante el periodo experimental. Los valores promedio observados fueron similares entre tratamientos: 2.83 para el grupo suplementado con zacate, 2.74 para el grupo suplementado con alfalfa y 2.82 para el grupo sin suplementación. Estos resultados sugieren que, en términos generales, los animales se mantuvieron dentro de un rango fisiológico considerado normal o con niveles leves de anemia.

La ausencia de diferencias significativas entre los grupos también puede explicarse por la aplicación inicial de antihelmínticos al comienzo del experimento, lo cual redujo considerablemente la carga parasitaria en todos los animales. La disminución de la población de nematodos hematófagos, particularmente *Haemonchus contortus*, probablemente contribuyó a estabilizar los niveles de anemia en los tres grupos experimentales durante gran parte del periodo de estudio. Diversos autores han reportado que el control efectivo de los parásitos gastrointestinales mediante tratamientos estratégicos puede disminuir los signos clínicos asociados a la anemia, incluyendo las alteraciones detectadas mediante la escala FAMACHA® (Torres-Acosta y Aguilar-Caballero, 2005).

Cuadro 12. FAMACHA® de las cabras en pastoreo extensivo sin o con suplementación con zacate o alfalfa ($p < 0.05$).

Grupo experimental	Media	Desviación estándar
1-Suplemento con zacate	2.83	0.72
2- Suplemento con alfalfa	2.74	0.67
3-Sin suplemento	2.82	0.52

Asimismo, es importante considerar que la escala FAMACHA® está diseñada principalmente para detectar infecciones por nematodos hematófagos y no

necesariamente refleja la presencia de otros géneros de nematodos gastrointestinales que afectan el desempeño productivo de los animales sin causar anemia severa. Por lo tanto, aun cuando los conteos de huevos por gramo de heces mostraron variaciones a lo largo del experimento, estos cambios no siempre se reflejan directamente en variaciones en la puntuación de FAMACHA®.

En conjunto, los resultados del presente estudio sugieren que las cabras mantuvieron niveles relativamente estables de anemia durante el periodo experimental. La suplementación alimenticia no generó diferencias estadísticamente significativas en los valores de FAMACHA®; sin embargo, el grupo suplementado con alfalfa mostró una tendencia a presentar mejores valores hacia el final del estudio. Estos resultados coinciden con estudios previos que indican que la nutrición puede contribuir a mejorar la resiliencia del hospedador frente a las infecciones parasitarias, aunque su efecto sobre indicadores clínicos como la anemia puede ser variable dependiendo de la intensidad de la infección y del estado fisiológico de los animales (Cérial *et al.*, 2019; Hoste *et al.*, 2022).

Los valores de FAMACHA® observados en este estudio indican que la mayoría de las cabras mantuvieron un estado hematológico adecuado durante el experimento. La suplementación alimenticia podría contribuir indirectamente a mejorar la resiliencia frente al parasitismo gastrointestinal, aunque su efecto sobre la anemia evaluada mediante FAMACHA® parece ser limitado cuando la carga parasitaria es relativamente baja o está controlada mediante tratamientos antihelmínticos.

V. CONCLUSIONES

La suplementación alimenticia no produjo cambios significativos en la puntuación FAMACHA© entre los tratamientos, lo que indica un efecto limitado sobre el grado de anemia en condiciones donde la carga parasitaria se mantuvo baja o controlada, probablemente debido al uso inicial de antihelmínticos.

No obstante, la estabilidad de los valores hematológicos en todos los grupos sugiere que las cabras mantuvieron un adecuado estado fisiológico durante el periodo experimental. En este contexto, el grupo suplementado con heno de alfalfa mostró una tendencia a mejores valores hacia el final del estudio, lo que apunta a un posible efecto positivo sobre la resiliencia del hospedador.

Los conteos de huevos por gramo de heces presentaron variaciones temporales, evidenciando la dinámica propia de las infecciones parasitarias en sistemas de pastoreo extensivo. Asimismo, los resultados confirman que la suplementación, particularmente con alfalfa, puede contribuir a mejorar la respuesta del hospedador frente al parasitismo, aunque no es suficiente como estrategia única para eliminar la infección.

Adicionalmente, se observó un incremento significativo en el peso corporal y la condición corporal de las cabras a lo largo del estudio, lo que refleja una mejora en el desempeño productivo bajo las condiciones experimentales.

En conjunto, los hallazgos indican que la suplementación nutricional actúa como una herramienta complementaria que favorece la resiliencia y el desempeño productivo, pero su eficacia en el control de nematodos gastrointestinales depende de su integración dentro de estrategias de manejo parasitario más amplias.

VI.LITERATURA CITADA

- Abbas, R.Z., Zaman, M.A., Sindhu, Z.U.D., Sharif, M. (2020).** Anthelmintic effects and toxicity analysis of herbal dewormer against the infection of *Haemonchus contortus* and *Fasciola hepatica* in goat. *Pakistan Veterinary Journal*, 40, 455-460. http://pvj.com.pk/pdf/files/40_4/455-460.pdf
- Aguilar-Caballero, A.J., Torres-Acosta, J. F., Cámara-Sarmiento, R., H. Hoste, H. Sandoval-Castro, C. A. (2008).** Inmunidad contra los Nemátodos Gastrointestinales: La historia caprina. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9:73-82
- Aguilar-Caballero, A. J., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. (2011).** El control de los nemátodos gastrointestinales en caprinos: ¿dónde estamos? *Bioagrociencias*, 4(2), 10–16.
- Aguilar, M. S. y Lorenzutti, A. M. (2018).** Aspectos sanitarios de la producción caprina II. *Panorama Actual del Medicamento*, 42 (410): 118-124. En: https://www.farmaceuticos.com/wpcontent/uploads/2020/11/PAM_410_21-118-124_FARMACIA_VETERINARIA.pdf
- Angulo-Cubillán, F. (2005).** Nematodosis gastrointestinales. *Manual de Ganadería Doble Propósito*. C. González-Stagnaro, E. Soto-Belloso. (Eds). *Maracaibo: Ediciones Astro-Data, SA*.
- Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., De Lara, S. M., Bañuelos, V. R., Meza-Herrera, C. A. (2008).** Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-14.
- Atiba, E.M., Zewei, S., Qingzhen, Z. (2020).** Influence of metabolizable protein and minerals supplementation on detrimental effects of endoparasitic

nematodes infection in small ruminants. Trop Anim Health Prod 52, 2213–2219. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02275-w>

Ball, D. M., Hoveland, C. S., Lacefield, G. D. (2007). Southern forages (4th ed.). Potash & Phosphate Institute.

Bambou, J.-C., Ceï, W., Arquet, R., Calif, V., Bocage, B., Mandonnet, N., Alexandre, G. (2021). Mixed grazing and dietary supplementation improve the response to gastrointestinal nematode parasitism and production performances of goats. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 628686. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.628686>

Bautista-Garfias, C. R. y Aguilar-Marcelino, L. (2022). Generalidades de las infecciones parasitarias por nematodos gastrointestinales (NGI) en ovinos y alternativas de control. En: Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (*Pleurotus* spp.) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. Laberinto ediciones. Págs. 329-337. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/361243521>

Bertona, J. y Torrents, J. (2016). Correlación entre famacha®, valores de hpg y hematocrito en caprinos de Santa Fe.

Bowman D. (2011). Georgis Parasitología para Veterinarios. 9a edición. Barcelona. Ed. El Sevier España SL.

Bowman, D. D. y Lynn, R. C. (1999). Diagnosis parasitology. In: Bowman, D.D, Lynn, R.C. (eds). Georgis' parasitology for veterinarians, 7th edn. WB Saunder Company, Philadelphia. Pp 361-367.

Brik, K., Hassouni, T., Elkharrim, K., Belghyti, D. (2019). A survey of *Haemonchus contortus* parasite of sheep from Gharb plain, Morocco. *Parasite epidemiology and control*, 4, e00094.

- Burke, J. M. (2024).** Current and future trends in managing internal parasites in forage-based livestock. *Animal Frontiers*, 14(5), 3–4.
<https://doi.org/10.1093/af/vfae022>
- Cáceres, V. M., Pinedo, V. R. Y., Chávez, V. A. (2021).** Nematodiasis gastrointestinal en caprinos de Ica, Perú. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 32(5), e21342.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.21342>
- Calvo, C. D. E. y Cala, M. N. (2025).** Parasitosis gastrointestinales (*Haemonchus contortus* y *Trichostrongyls spp*) y constantes fisiológicas en cabra criolla santandereana. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Bucaramanga.
<https://hdl.handle.net/20.500.12494/60183>
- Cériac, S., Archimède, H., Feuillet, D., Félicité, Y., Giorgi, M., Bambou, J.-C. (2019).** Supplementation with rumen-protected proteins induces resistance to *Haemonchus contortus* in goats. *Scientific Reports*, 9, 1237.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-37800-3>
- Chocobar, M. L. E., Diambra, P., Terán Alurralde, M. D. R., Bustos, M. J., Prado, J. M., Gonzalez Moreno, C., Fernández, J. L., Salinas, C., Solaligue, P. B. V., Rosa, R. J. (2020).** Determinación de la eficacia de antihelmínticos para el tratamiento de la gastroenteritis verminosa en caprinos de la provincia de Tucumán. *Revista FAVE. Sección Ciencias veterinarias*, 19(2), 69-73. 2362-5589-favecv-19-2-6.pdf
- Cordero, C. M., Martinez, F.A.R., Sanchez, A.M.C., Hernandez, R.S., Navarrete, I.I., Diez, B.P., Quiroz, R.H., Carvalho, V.M. (1999).** Parasitología Veterinaria. Editorial McGraw Hill-Interamericana. Madrid, España. ISBN: 84-486-0236-6.

- Corticelli, B. y Lai, M. (1963).** Ricerche sulla tecnica di coltura delle larve infestive degli strongili gastrointestinali del bovino. *Acta Medica Veterinaria*. 9:347-357
- Ensminger, M. (1981).** Producción para carne. (3ª ed.) Ed. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. Pag.41.
- Escribano, C. S. (2019).** Evaluación inmunológica de ovinos resistentes y susceptibles a la infestación por el nemátodo *Haemonchus contortus*.
- FAO. (2001).** Sustainable approaches for managing haemonchosis in sheep and goats. Final Report of FAO technical Co-operation project in South Africa. 90 pp.
- FAO. (2024).** World goat population and production trends 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc9111en>
- Galina, H. M. A. (2000).** Enfermedades de los pequeños rumiantes cabras y ovejas. (2º Ed.). Ed. Agrosystems. México. Pg 114-119.
- Gebreyesus, G., Kebede, A., Tesfay, T. (2023).** Goat production systems, adaptive traits, and their role in rural livelihoods under arid and semi-arid conditions: A review. *Tropical Animal Health and Production*, 55(5), 412. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03854-3>
- Ghosh, C. P., Datta, S., Mandal, D., Das, A. K., Roy, D.C., Roy, A., Tudu, N. K. (2019).** Body condition scoring in goat: Impact and significance. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7(2): 554-56.
- Hernando, G., Turani, O., Rodriguez, A. N., Pulido, C. A., Bouzat, C. (2025).** Unraveling anthelmintic targets and mechanisms of action of trans-

cinnamaldehyde from cinnamon essential oil. Scientific Reports. 15:5422.

<https://doi.org/10.1038/s41598-025-89883-4>

Hoste, H., Meza-Ocampos, G., Marchand, S., Sotiraki, S., Sarasti, K., Blomstrand, B. M., Williams, A. R., Thamsborg, S. M., Athanasiadou, S., Enemark, H. L., Torres-Acosta, J. F., Mancilla-Montelongo, G., Castro, C. S., Costa-Junior, L. M., Louvandini, H., Sousa, D. M., Salminen, J.-P., Karonen, M., Engström, M., Charlier, J., Niderkorn, V., Morgan, E. R. (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>

Hoste, H., Torres-Acosta, J. F. J., Quijada, J., Chan-Perez, I., Dakheel, M. M., Kommuru, D. S., Mueller-Harvey, I., Terrill, T. H. (2016). Interactions Between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Advances in Parasitology*. Volumen 93; 239- 351. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.02.025>

INEGI. (2025). Comunicado de prensa 46/25, Estadística a propósito del día de la ganadería. Pag. 5. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2025/EAP_Ganaderia.pdf

Junquera, P. (2017). *Haemonchus spp*, gusanos nemátodos parásitos del estómago en el ganado bovino, ovino y caprino: biología, prevención y control. Parasitipedia. Disponible en: https://parasitipedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=157&Itemid=237

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

- Lara, D. M. (2007).** Resistencia a los antihelmínticos en nematodos de rumiantes y estrategias para su control. Corpoica.
- López, M. G. P., González-Garduño, R., Penago, G. J., Hernández, G. T., Zaragoza-Vera, M., Hilario, J. J. R., Zambrano Velasco, M. G. (2025).** Classification of productive hair ewes using hematocrit as a marker of resistance to gastrointestinal nematodes. Open Veterinary Journal, 15(2), 871–884. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i2.36>
- Mancilla-Montelongo, G. y Torres-Acosta, F. (2023).** Other worms *Trichostrongylus colubriformis*. American Consortium of Small Ruminant Parasite Control. 1-5.
- Martínez, A. P. S. (2024).** Técnicas de obtención y cultivo de larvas L3 de nematodos gastrointestinales de rumiantes. Ciencias Veterinarias y Producción Animal, 2(1), 22-32.
- Maurizio, A., Perrucci, S., Tamponi, C., Scala, A., Cassini, R., Rinaldi, L., Bosco, A. (2023).** Control of gastrointestinal helminths in small ruminants to prevent anthelmintic resistance: the Italian experience. Parasitology, 150(12), 1105-1118. <https://doi.org/10.1017/S0031182023000343>
- Mehlhorn, H., Duwel, D., Raether, W. (1994).** Manual de Parasitología Veterinaria. Edit. Grass-Iatros. Pp.168-180.
- Merck (2007).** Manual de medicina veterinaria. 6ª edición, Ed. Merck y Co., Inc. Editorial Océano, Barcelona, España. Pp. 253- 258.
- Montellano, C. M. O., Acosta, J. F. D. J. T., Robertos, N. F. O., Reyes, L. G., Maldonado, S. A. M. (2022).** Manejo Integrado de Parásitos en Pequeños Rumiantes. Bioagrociencias, 15(2).

- Moreno, J. A. (2012).** Evaluación de la eficacia de la Ivermectina, Fenbendazol y Levamisol en el control de parásitos gastrointestinales en caprinos (Doctoral dissertation, Universidad de Panamá).
- Nari, A., Hansen, J. H., Eddi, C., Martins, J. R. (2000).** Control de la resistencia a los antiparasitarios a la luz de los conocimientos actuales. In: XXI World Buiatrics Congress/XXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Neha, A., Shaik, A. A., Chelkapally, S. C., Kolikapongu, R. S., Namani, S. C., Erukulla, T., Batchu, P., Mendez, N., Smith, Y., Brown, D., Terrill, T. H. (2024).** Effect of feeding a blackseed meal–sericea lespedeza leaf meal pellet on gastrointestinal nematode and coccidia infection and animal performance in young goats. *Veterinary Parasitology*, 331, 110253. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110253>
- NRC. (2001). National Research Council.** Nutrient requirements of dairy cattle (7th rev. ed.). National Academy Press.
- Olivas-Salazar R., Estrada-Angulo A., Mellado-Bosque M., Aguilar-Caballero A. J., Castro-Pérez B. I., Gutiérrez Blanco E., Ruiz-Zárate F. (2018).** Prevalence of gastrointestinal nematode infections in goat flocks on semi-arid rangelands of northeastern Mexico on semi-arid rangelands of northeastern Mexico. *Trop Anim. Health and Prod.* 50: 807-813.
- Olmos, L. H., Martínez, G. M., Alfaro, R. J., Alfaro, E. J., Díaz, J. P., Colque-Caro, L. A., Moreno, R. D., Suarez, V. H. (2023).** Effects of protein supplementation on dairy goats naturally infected with gastrointestinal nematodes in Valle de Lerma, province of Salta, Argentina. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 49(1).

- Peña-Espinoza, M., Morgan, E. R., Hayward, A. D., Williams, A. R., McNeilly, T. N., Thamsborg, S. M. (2025).** A “green” toolbox: Non-chemotherapeutic approaches for gastrointestinal nematode control in ruminants. *Trends in Parasitology*, 41(9), 780–? <https://doi.org/10.1016/j.pt.2025.07.008>
- Pérez-Cogollo, L. C., Rodríguez-Vivas, R. I., Basto-Estrella, G. D. S., Reyes-Novelo, E., Martínez-Morales, I., Ojeda-Chi, M. M., Favila, M. E. (2018).** Toxicidad y efectos adversos de las lactonas macrocíclicas sobre los escarabajos estercoleros: una revisión. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(4), 1293-1314.
- Pérez-Hernández, T., Corripio-Miyar, Y., Hernández, J. N., Machín, C., Paz-Sánchez, Y., Hayward, A. D., Wright, H. W, Price, D. R. G., Mathews, J. B., McNeily, T. M., Nisbet, A. J., González, J. F. (2022).** Differences in the protection elicited by a recombinant *Teladorsagia circumcincta* vaccine in weaned lambs of two Canarian sheep breeds. *Veterinary Parasitology*, 306, 109722
- Praveen, K. Sunny, Manjula, R. Gnana, Swetha, T.; Deepthipriya, B.; Revathi, D.; Srikanth, N. R., Mutha Rao, M. (2024).** An update on body condition scoring (BCS) system in cattle production and reproduction management. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 9(5), 219 220. <https://doi.org/10.22271/veterinary.2024.v9.i5d.1689>
- Quadros, D. G. y Burke, J. (2024).** Nutritional strategies for small ruminant gastrointestinal nematode management. *Animal Frontiers*. <https://doi.org/10.1093/af/vfae019>
- Quinatoa, C. S. J. (2023).** Elaboración de un antígeno para parásitos gastrointestinales (*Cooperia spp*) en Ovinos.

- Quiroz, R.H. (2013).** Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Editorial Limusa. México.
- Ramos, F., Molento, M. B., Torres-Acosta, J. F. J. (2023).** Pasture-based systems and parasite epidemiology in small ruminants: implications for integrated parasite management. *Animals*, 13(7), 1203. <https://doi.org/10.3390/ani13071203>
- Rashid, M. I., Muhammad, N., Abbas, M. N. (2023).** Global goat production: An overview of distribution, economics, and challenges. *Veterinary Sciences*, 10(3), 165. <https://doi.org/10.3390/vetsci10030165>
- Rerkyusuke, S., Lerk-u-suke, S., Mektrirat, R., Wiratsudakul, A., Kanjampa, P., Chaimongkol, S., Phanmanee, N., Visuddhangkoon, M., Pattayawongdech, P., Piyapattanakon, N., Krajaipan, P., Sutamwirat, P. (2024).** Prevalence and Associated Risk Factors of Gastrointestinal Parasite Infections among Meat Goats in Khon Kaen Thailand. *Veterinary Medicine International*. <https://doi.org/10.1155/2024/3267028>
- Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A., Mendoza-de Gives, P. (2021).** Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12 (Supl. 3), 186-204. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5840>
- Rojas, C.M. (2004).** Nosoparasitosis de los rumiantes domésticos peruanos. Segunda edición. Editorial Martegraf E.I.R.L. Lima, Perú.
- Rojas, N., La, O. M., Arece, J., Carrión, M., Pérez, K., San Martín, C., Valerino, P., Ramírez, W. (2012).** Identificación y caracterización de especies de *Haemonchus* en caprinos del Valle del Cauto en Granma. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(2), 1-10. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010112/120106.pdf>

- Rosales, C. (2015).** Determinación De La Prevalencia De Nematodos Gastrointestinales, Octubre 2014 - Enero 2015, Moyuta, Jutiapa (Tesis de grado), Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 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.
- Ruiz, C. J. G., y Hernández, A. I. (2010).** Farmacología para Médicos Veterinarios Zootecnistas. In Press. México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.
- SAGARPA. (2017).** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Obtenido desde <https://www.gob.mx/sagarpa/en-septiembre-2025>
- Saidu, A., Paul, B. T., Jesse, F. F. A., Kamaludeen, J., Mustafa, S., Malahubban, M., Hakim, A. H., Stephen, J. (2025).** Anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of sheep and goats: A systematic review. Journal of Advanced Veterinary Research, 15(3), 397–405.
- Santos, M. I. O., Tavares, F. F., Lima, S. M., da Silva, F., Aragão, C. J. F. E., de Souza P. W. M. (2025).** Anthelmintic efficacy of Lippia alba essential oil against gastrointestinal nematodes ingoats. Revista Principia, v. 62. <https://doi.org/10.18265/2447-9187a2025id8991>
- SAS. (2017).** SAS/STAT User's Guide, Inst. S (ed), Release 6. Cary, NC, USA.
- Sebai, E., Abidi, A., Serairi, R., Ghawari, B., Dhibi, M., Benyedem, H., Akkari, H. (2022).** Assessment of anthelmintic potentials of Myrtus communis against Haemonchus contortus and Heligmosomoides polygyrus. Experimental Parasitology, 240:108320. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108320>.

- SIAP. (2024).** Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción ganadera https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_pecuario/
- Singh, E., Kaur, P., Singla, L. D., Bal, M. S. (2017).** Prevalence of gastrointestinal parasitism in small ruminants in western zone of Punjab, India. Vet World. 2017 Jan;10(1):61-66. doi: 10.14202/vetworld.2017.61-66. Epub Jan 17. PMID: 28246448; PMCID: PMC5301180.
- Silva, R. L., de Oliveira, J. S. Santos, M. A. (2022).** Trends in global goat production and consumption: Opportunities for sustainable development. Small Ruminant Research, 213, 106719. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106719>
- Sontigun, N., Sansamur, C., Klong-Klaew, T., Kaewthamasorn, M., Fungwithaya, P., Mektrirat, R. (2025).** Seasonal Infective Dynamics and Risk Factors Associated with Prevalence of Zoonotic Gastrointestinal Parasites from Meat Goats in Southern Thailand. Animals, 15 (14), 2040. <https://doi.org/10.3390/ani15142040>
- Suárez, V., Olaechea, F., Rossanigo, C., Romero, J. (2007).** Enfermedades parasitarias de los ovinos y otros rumiantes menores en el cono sur de América. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. (pp. 2–34).
- Suárez, V. H., Micheloud, J. F., Bertoni, E. A., Martínez, G. M. (2013).** Caso grave de trichuriasis en cabritos de tambo. Vet. Arg, 30(304), 1-8.
- Sumano, L. H.S. & Ocampo, C. L. (2006).** Farmacología Veterinaria tercera edición. México. The McGraw-Hill Companies.
- Tajonar, K., López Díaz, C. A., Sánchez Ibarra, L. E., Chay-Canul, A. J., Gonzalez-Ronquillo, M., Vargas-Bello-Pérez, E. (2022).** A Brief Update on

the Challenges and Prospects for Goat Production in Mexico. *Animals*, 12(7), 837. <https://doi.org/10.3390/ani12070837>

Terrill, T. (2024). American consortium for small ruminant parasite control investigations on the use of plant secondary compounds of sericea lespedeza for the control of sheep and goat parasites. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(1), 003. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4542>

Torres-Acosta, J.F. y Aguilar-Caballero, A.J. (2005). Epidemiología, prevención y control de nematodos gastrointestinales en rumiantes. In: Rodríguez-Vivas, R.I. Ed. *Enfermedades de importancia económica en producción animal*. Edit. McGraw-Hill. ISBN: 970-10-4876-8. Pp.145-173.

Torres-Acosta, J. F., Sandoval-Castro, C., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. (2012). Métodos alternativos para el control de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes: estado del arte 393-412. *Avances de Investigación en producción animal en Iberoamérica*, Edition, O. Castelan-Ortega, AB Álvarez-Macías, J. Ku-Vera, and VC Silveira, Eds, 393-412.

Torres Acosta, J. F. J., González Pech, P. G., Pérez Cruz, M., Canul-Ku, H. L., Aguilar Caballero, A. J., Cámara Sarmiento, R., Soto-Barrientos, N. (2014). Desparasitación selectiva Dirigida (DSD) en cabras. *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura. Sanidad* 73-78. <https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/84626f4d-f312-498c-b06c-5683afc915a9/content>

Torres-Fajardo, R. A., Navarro-Alberto, J. A., Ventura-Cordero, J., González-Pech, P. G., Sandoval-Castro, C. A., Chan-Pérez, J. I., Torres-Acosta, J. F. J. (2019). Intake and selection of goats grazing heterogeneous vegetation: Effect of gastrointestinal nematodes and condensed tannins.

Rangeland Ecology & Management, 72(6), 946–953.
<https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.08.002>

Torres-Hernández, B. (2021). Efecto in vivo del extracto de gobernadora (*Larrea tridentata*) como antihelmíntico en nematodos gastrointestinales en cabras.

Vázquez-Rocha, L., Vázquez-Armijo, J. F., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, J. C., López-Villalobos, N., López-Aguirre, D. (2024). Characterization of the extensive goat production system in the Altiplano of Tamaulipas, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(2):e4061.
<https://doi.org/10.19136/era.a11n2.4061>

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press.

Vignau, M. L., Venturini, L. M., Romero, J. R., Eiras, D. F., Basso, W. U. (2005). Parasitología Práctica y Modelos de Enfermedades Parasitarias en los animales domésticos. (1a. ed). Autoedición. Universidad Nacional de la Plata.

Zajac, A. (2013). Biología de los parásitos. En: Actas de la Décima Conferencia del Consorcio Americano para el Control de Parásitos en Pequeños Rumiantes. Consorcio Americano para el Control de Parásitos en Pequeños Rumiantes, Fort Valley, Georgia.

Zajac, A. M. y Garza, J. (2020). Biology, epidemiology, and control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 36(1), 73-87.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.12.005>