



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

TESIS DE LICENCIATURA

**ACTIVIDAD ANTIHELMINTICA DEL EXTRACTO
HIDROALCOHÓLICO DE *Arceuthobium globosum*
CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES
EN CAPRINOS**

Para obtener el título de Médica Veterinaria Zootecnista

PRESENTA

Marlene Alondra Suarez Olvera

Directora

Dra. Nallely Rivero Perez

Codirector

Dr. Adrián Zaragoza Bastida

Asesores de tesis

Dr. Ulises Macías Cruz

Dr. Benjamín Valladares Carranza

Dra. Deyanira Ojeda Ramírez

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México, septiembre 2025



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

TESIS DE LICENCIATURA

**ACTIVIDAD ANTIHELMINTICA DEL EXTRACTO
HIDROALCOHÓLICO DE *Arceuthobium globosum*
CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES
EN CAPRINOS**

Para obtener el título de Médica Veterinaria Zootecnista

PRESENTA

Marlene Alondra Suarez Olvera

Directora

Dra. Nallely Rivero Pérez

Codirector

Dr. Adrián Zaragoza Bastida

Asesores de tesis

Dr. Ulises Macías Cruz

Dr. Benjamín Valladares Carranza

Dra. Deyanira Ojeda Ramírez

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México, septiembre 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Academic Area of Veterinary Medicine and Zootechnics

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, a 26 de septiembre del 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia **Marlene Alondra Suarez Olvera**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **"ACTIVIDAD ANTIHELMINTICA DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *Arceuthobium globosum* CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN CAPRINOS"**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE Dra. Deyanira Ojeda Ramírez

SECRETARIO Dr. Adrian Zaragoza Bastida

VOCAL 1 Dra. Nallely Rivero Perez

VOCAL 2 Dr. Ulises Macias Cruz

SUPLENTE Dr. Benjamín Valladares Carranza

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dra. Maricela Ayala Martinez
Coordinadora de Programa
Educativo de Medicina Veterinaria
y Zootecnia.

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México, C.P. 43775.
Teléfono: 7717172001 Ext. 42105
mvzjefatura@uagh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uagh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por permitir mi formación profesional y por las instalaciones prestadas.

A la Dra. Nallely y al Dr. Adrián por su guía experta y apoyo constante, así como su dedicación a la enseñanza y su compromiso con la excelencia académica, que han sido fundamentales en mi camino hacia este logro.

A Daniel y Juan, por su apoyo, sus valiosos consejos y el acompañamiento brindado en la consecución de este logro; así como al equipo del laboratorio de Bacteriología, con quienes compartimos esfuerzos y colaboración. Muchas gracias.

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional y amor durante toda mi carrera universitaria. Gracias por creer en mí. Los amo.

A mis hermanos, por ser mi fuente de motivación y alegría. Su apoyo y amor han sido fundamentales en mi crecimiento personal y académico.

Quiero agradecer a mi hijo por su paciencia y amor incondicional, su sonrisa y su alegría han sido mi motor para alcanzar este logro. Gracias por ser mi compañero de vida y mi fuente de energía.

A mi esposo Gustavo, por su apoyo y comprensión en una etapa importante de mi vida. A pesar de los cambios, agradezco los momentos en los que contribuiste a que este logro fuera posible. Te amo.

A mis amigos, gracias por compartir experiencias inolvidables en esta carrera, espero volver a encontrarlos en un futuro.

Agradezco a mis profesores, que dejaron una inspiración en mí para amar la Medicina Veterinaria y Zootecnia en todas sus formas.

Quiero agradecerme a mí mismo por la disciplina, la pasión y la determinación que he demostrado en este proceso académico. Agradezco por haber creído en mí desde el principio, aunque hubo momentos donde pensé no poder concluir este logro, aun así, no me rendí.

Gracias.

DEDICATORIAS

A mi madre, por su amor incondicional, su paciencia y su constante apoyo, que han sido fundamentales para culminar mi carrera universitaria. Esta tesis es un reflejo de todo lo que me has brindado y un pequeño homenaje a tu perseverancia, disciplina y amor por el conocimiento, que han sido una inspiración a lo largo de mi formación académica.

INDICE GENERAL

GLOSARIO DE TÉRMINOS	iii
INDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1 Producción caprina en el mundo.....	2
2.2 Producción caprina en México	3
2.3 Producción caprina en Hidalgo.....	3
2.4 Enfermedades parasitarias en caprinos	4
2.5 Estrategias de tratamiento convencionales contra nematodos gastrointestinales	5
2.8 Resistencia antihelmíntica	5
2.7 Alternativas de tratamiento	6
2.7 Muérdago descripción y actividades biológicas	7
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. JUSTIFICACIÓN.....	10
5. HIPOTESIS	11
6. OBJETIVOS.....	12
6.1 Objetivo general	12
6.2 Objetivos específicos	12
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
7.1 Obtención del extracto.....	13
7.2 Material biológico.....	13
7.3 Recuperación de huevo de nematodos gastrointestinales.....	13
7.4 Prueba de inhibición de la eclosión de huevo (IEH)	13
7.5 Recuperación de larvas de nematodos gastrointestinales.....	14
7.6 Prueba de mortalidad larvaria.....	14
7.7 Análisis estadístico.....	15
8. RESULTADOS	16
8.1 Identificación y cuantificación de huevo de nematodos gastrointestinales (HNGI)	16

8.2 Actividad antihelmíntica del extracto de <i>Arceuthobium globosum</i> contra nematodos gastrointestinales de caprinos.....	16
8.2.1 Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevo (%IEH)	16
8.2.2 Porcentaje de mortalidad larvaria (%ML)	18
9. DISCUSIÓN.....	20
10. CONCLUSIÓN	22
11. REFERENCIAS	23

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Significado
RA	Resistencia antihelmíntica
NGI	Nemátodos gastrointestinales
PGI	Parásitos gastrointestinales
LM	Lactonas macrocíclicas
BZ	Benzimidazoles
IMZ	Imidazotiazoles
WAAVP	World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology
HPG	Huevo por gramo
SARM	<i>Staphylococcus aureus</i> resistente a meticilina
HeLa	Son células humanas inmortales derivadas de un cáncer de cuello uterino de una paciente llamada Henrietta Lacks
GLM	Modelo lineal general
HNGI	Huevo de nematodos gastrointestinales
%IEH	Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevo
%ML	Porcentaje de mortalidad larvaria

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de nematodos gastrointestinales de campo expuestos a un extracto hidroalcohólico de <i>Arceuthobium globosum</i>	17
Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad larvaria de nematodos gastrointestinales de caprino expuestos a un extracto hidroalcohólico de <i>Arceuthobium globosum</i>	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caprinos (<i>Capra aegagrus hircus</i>)	2
Figura 2. <i>Arceuthobium globosum</i> parasitando un pino.....	8
Figura 3. Placa de 96 pozos para prueba de mortalidad larvaria utilizando extracto hidroalcohólico de <i>Arceuthobium globosum</i>	14
Figura 4. Fase de huevo de parásitos observados en las muestras fecales de cabra	16
Figura 5. Concentraciones efectivas CE50 Y CE90 del extracto hidroalcoholico de <i>Arceuthobium globosum</i> sobre huevos de nemátodos gastrointestinales.....	17
Figura 6. Concentraciones letales CE50 Y CE90 del extracto hidroalcoholico de <i>Arceuthobium globosum</i> sobre larvas de nemátodos gastrointestinales.....	19

RESUMEN

Las enfermedades por nematodos gastrointestinales tienen un efecto perjudicial en la salud de las cabras, provocando cuadros clínicos y subclínicos que pueden derivar en pérdidas económicas y una disminución en la productividad. El control de las enfermedades causadas por nematodos ha dependido del uso frecuente y, en muchos casos, excesivo de antihelmínticos químicos, lo que ha propiciado que los nematodos gastrointestinales desarrollen resistencia a los fármacos empleados en su tratamiento. El control de las enfermedades causadas por nematodos ha dependido del uso frecuente y, en muchos casos, excesivo de antihelmínticos químicos, lo que ha propiciado que los nematodos gastrointestinales desarrollen resistencia a los fármacos empleados en su tratamiento. Los avances en la investigación científica han permitido identificar el potencial de las plantas y de algunos de sus compuestos bioactivos como alternativas en el tratamiento de la helmintiasis. *A. globosum* es una planta parásita caracterizada por la asociación estrecha con árboles, obteniendo de esta manera recursos y nutrientes necesarios para el desarrollo, en este caso afecta de manera negativa al árbol hospedador. Se ha demostrado que el género de *Arceuthobium* tiene distintas propiedades como, antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antiparasitarias. El objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antihelmíntica del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* contra nematodos gastrointestinales de caprinos. El extracto hidroalcohólico de *A. globosum* demostró una mejor actividad ovicida inhibiendo la eclosión de huevo en un 89.83% a una concentración de 100 mg/mL que sobre la mortalidad larvaria con 48.4% a la misma concentración. Estos resultados confirman que *A. globosum* posee compuestos con potencial antihelmíntico, respaldando su posible uso como alternativa natural para el control de nematodos gastrointestinales en caprinos. Sin embargo, se recomienda continuar con estudios *in vivo* y con análisis fitoquímicos detallados.

Palabras clave: cabras; nemátodos; gastrointestinales; resistencia antihelmíntica; *Arceuthobium globosum*

ABSTRACT

Gastrointestinal nematode infections have a detrimental effect on goat health, causing clinical and subclinical conditions that may lead to economic losses and decreased productivity. The control of diseases caused by nematodes has relied on the frequent and, in many cases, excessive use of chemical anthelmintics, which has promoted the development of resistance in gastrointestinal nematodes to the drugs employed for their treatment. Advances in scientific research have made it possible to identify the potential of plants and some of their bioactive compounds as alternatives for the treatment of helminthiasis. *Arceuthobium globosum* is a parasitic plant characterized by its close association with trees, from which it obtains the resources and nutrients necessary for its development, negatively affecting the host tree. The genus *Arceuthobium* has been shown to possess various biological properties, including antibacterial, antifungal, antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, and antiparasitic activities. The objective of the present study was to determine the anthelmintic activity of the hydroalcoholic extract of *Arceuthobium globosum* against gastrointestinal nematodes of goats. The hydroalcoholic extract of *A. globosum* demonstrated stronger ovicidal activity, inhibiting egg hatching by 89.83% at a concentration of 100 mg/mL, compared to larval mortality, which reached 48.4% at the same concentration. These results confirm that *A. globosum* contains compounds with potential anthelmintic activity, supporting its possible use as a natural alternative for the control of gastrointestinal nematodes in goats. However, further in vivo studies and detailed phytochemical analyses are recommended.

Keyword: goats; gastrointestinal nematodes; anthelmintic resistance; *Arceuthobium globosum*

1. INTRODUCCIÓN

Las cabras han representado un recurso fundamental para el sustento humano en las economías en desarrollo, debido a su notable resistencia y capacidad de adaptación. Estos animales pueden sobrevivir y reproducirse en condiciones ambientales adversas, caracterizadas por temperaturas extremadamente altas, baja humedad y una oferta limitada de alimento; de esta forma aumentan los ingresos y mejoran la seguridad alimentaria (Zvinorova *et al.*, 2016). La población caprina ha mostrado un incremento sostenido desde la década de 1960, impulsado principalmente por los cambios en los ingresos y en las preferencias alimentarias de la población humana. Actualmente, las cabras se crían en gran parte del mundo y han dejado de estar asociadas exclusivamente con productores de bajos recursos o con regiones áridas. Asia constituye el continente con mayor producción caprina a nivel global. La demanda de carne y, especialmente, de leche de cabra continúa en aumento, dado que estos productos se han popularizado por sus beneficios en salud y nutrición, entre los que destacan su mayor digestibilidad. Además, las cabras y sus derivados cumplen un papel cultural relevante, al participar en intercambios sociales, prácticas rituales y actividades religiosas, así como en la provisión de pieles, fibras y fertilizantes que contribuyen a la agricultura (Tajonar *et al.*, 2022). Las enfermedades por nematodos gastrointestinales tienen un efecto perjudicial en la salud de las cabras, provocando cuadros clínicos y subclínicos que pueden derivar en pérdidas económicas y una disminución en la productividad. El control de las enfermedades causadas por nematodos ha dependido del uso frecuente y, en muchos casos, excesivo de antihelmínticos químicos, lo que ha propiciado que los nematodos gastrointestinales desarrollen resistencia a los fármacos empleados en su tratamiento. Actualmente, se han identificado cepas resistentes a nivel mundial, algunas de las cuales presentan resistencia frente a la mayoría de los principios activos disponibles. Ante el creciente problema de la resistencia, se están explorando alternativas más sostenibles para el manejo y control de la nematodiasis en caprinos (Rahmann *et al.*, 2007). Desde tiempos ancestrales, las plantas medicinales han sido utilizadas para el tratamiento de diversas enfermedades, aunque sin conocimiento preciso de sus mecanismos de acción ni de los compuestos responsables de sus efectos. No obstante, los avances en la investigación científica han permitido identificar el potencial de estas plantas y de algunos de sus compuestos bioactivos como alternativas en el tratamiento de la helmintosis (Rajeswari., 2014). *Arceuthobium* spp ha sido objeto de estudio debido a sus diversas actividades biológicas. También conocido como muérdago enano, es una planta angiospermica reconocida por su actividad parasitaria sobre diferentes especies de árboles como Pinaceae y Cupressaceae. Parasita al árbol hospedador dependiendo casi por completo de ellos para obtener agua y nutrientes al conectarse con la xilema de los árboles. Entre los efectos perjudiciales se incluyen la reducción del crecimiento, la deformación de las ramas y la disminución de la longevidad del árbol hospedador. *Arceuthobium* spp ha sido utilizada en la medicina herbolaria contra infecciones y desordenes inflamatorios del sistema respiratorio superior y trastornos gastrointestinales en forma de infusión utilizando hojas, tallos, y flores. Se han encontrado estudios sobre *Arceuthobium* spp que tienen efectos antibacterianos, antiinflamatorios, antifúngicos, citotóxicos, anticancerígenas y antiparasitarias (Pernitsky *et al.*, 2011). Por estos antecedentes es que surge el objetivo de determinar el potencial antihelmíntico del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* contra nematodos gastrointestinales en caprinos.

2. ANTECEDENTES

2.1 Producción caprina en el mundo

La cabra (*Capra aegagrus hircus*) es un mamífero rumiante, de la familia bovidae, siendo un animal de tamaño mediano, cuerpo esbelto y patas delgadas pero fuertes adaptadas para caminar en terreno montañosos, su cabeza es alargada con orejas que pueden ser rectas o caídas según la raza, como se ve la figura 1., algunos pueden presentar cuernos curvos. Los machos poseen barba y tienen ojos con pupilas horizontales, proporcionando un amplio campo visual. Se alimentan principalmente de pastos, arbustos y hojas, aprovechando vegetación que otros rumiantes no suelen consumir (Torres *et al.*, 2012).

La ganadería caprina es una alternativa para poder aumentar el ingreso económico familiar en zonas rurales de países en desarrollo (Vázquez-Rocha *et al.*, 2024). Los caprinos, son una de las especies mejor adaptadas a la desertificación de las zonas áridas y son una de las principales fuentes de proteína para el hombre que vive en esas regiones. En las regiones áridas, los recursos de vegetales son restringidos en calidad y cantidad, es por eso que las cabras han desarrollado distintos mecanismos adaptativos, como es la capacidad de caminar distancias muy largas, requerimientos metabólicos bajos y una masa corporal disminuida (Zapata-Campos *et al.*, 2021).

La población mundial de cabras se ha visto con un drástico aumento desde la década de 1960, esto es debido a las preferencias alimentarias de las poblaciones humanas. El 60% de cabras están distribuidas en Asia, China, India, Pakistán y Bangladesh. La mayor parte de los ingresos de la producción caprina es por ventas de carne, aunque ha habido aumento en producción y consumo de leche de cabra (Miller *et al.*, 2019). La leche de cabra se produce principalmente en Asia con participación mundial del 58.7%, seguida de África con 21.9%, Europa con 15.4% y después América con 4%. India es el principal productor de leche de cabra, produciendo 5,4 millones de toneladas. La carne de cabra se produce principalmente en Asia con 72.4% de participación mundial, seguido de África con el 23.5%, América con el 2%, Europa con el 1.5% y Oceanía con el 0.4% y China es el principal productor de carne con 1.6 millones de toneladas. Asia igualmente domina la producción de piel de cabra, despojos comestible y grasa (Tajonar *et al.*, 2022). La leche y productos de cabras están en aumento y cada vez más populares por los beneficios para la salud y la nutrición, esto incluye una mayor digestibilidad y metabolismo lipídico (Miller *et al.*, 2019).



Figura 1. Caprinos (*Capra aegagrus hircus*)

2.2 Producción caprina en México

En México, más del 75% de las cabras se manejan bajo sistemas de producción extensivos en zonas áridas y semiáridas, principalmente por sus bajos costos de operación. Estos sistemas representan un medio de subsistencia para productores que enfrentan limitaciones agroecológicas y económicas. En contraste, los sistemas intensivos o semiintensivos abarcan únicamente alrededor del 25% de la producción nacional (Tajonar *et al.*, 2022; Vázquez-Rocha *et al.*, 2024). La producción caprina en el país es mayormente de doble propósito, orientada a la obtención de carne y leche. El consumo per cápita de carne de cabra se estima en 0.4 kg. De acuerdo con el censo nacional, el hato caprino asciende a 8,824,664 animales, concentrándose la mayor densidad poblacional en los estados de Oaxaca, Puebla y San Luis Potosí. En cuanto a la producción de carne en canal, Zacatecas con 4,393 toneladas (t), San Luis Potosí con 4,267 t y Puebla con 3,963 t encabezan la lista; mientras que la producción de leche de cabra es liderada por Coahuila con 45,933 Litros (L), Guanajuato con 44,727 L y Durango con 24,813 L, (SIAP, 2023). La carne caprina forma parte de la gastronomía tradicional mexicana en platillos como el cabrito en Nuevo León, la birria en Jalisco y Zacatecas, el mole de caderas en Puebla, Guerrero y Oaxaca, así como la barbacoa en el Estado de México, Hidalgo y Ciudad de México. Por su parte, la leche de cabra se destina a la elaboración de cajeta, quesos frescos y curados, así como dulces de leche, especialmente en el centro y noreste del país. En este sentido, la producción caprina en México no solo tiene un alto valor nutricional, sino también económico y cultural, constituyendo una actividad de gran relevancia para diversas regiones (Tajonar *et al.*, 2022).

2.3 Producción caprina en Hidalgo

La producción caprina, tanto de carne como de leche tiene un impacto positivo en el medio ambiente, porque es una actividad que se adapta a zonas áridas y semiáridas del estado, donde la producción de otros tipos de ganado es más difícil. Además de que no genera grandes impactos ambientales, ya que la huella ecológica es mucho menor que otras actividades agropecuarias (Becerril-Gill *et al.*, 2024).

El estado de Hidalgo participa con el 2.1% del inventario ganadero nacional caprino. Los líderes en producción cárnica son los municipios de Metztitlan, Ixmiquilpan y Zimapan con 69.6, 64.5, 53.2 toneladas de carne en canal respectivamente. Estos municipios concentran aproximadamente el 33.1 % de la producción estatal. En cuanto a producción de leche caprina, Tecozautla y Nopala de Villagran con 57,189 y 3,928 litros de leche respectivamente (Chávez-Silvestre *et al.*, 2022).

Las actividades pecuarias caprinas es una actividad económica fundamental para Hidalgo, generando empleos y riquezas en las zonas rurales, contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población. Es importante apoyar y fortalecer la producción de cabras en Hidalgo (Becerril-Gill *et al.*, 2024).

2.4 Enfermedades parasitarias en caprinos

Los parásitos gastrointestinales (PGI) más comunes en ganado caprino pertenecen al orden *Strongyloidea* de la clase nematodo, *Fasciola hepática* perteneciente a los trematodos, *Moniezia expansa* por parte de cestodos y *Eimeria* de los protozoarios. Los géneros de nematodos más comunes en cabras son *Haemonchus contortus*, *Strongyloides* spp, *Trichuris* spp, *Bunostomum* spp, *Oesophagostomum* spp, *Cooperia* spp y *Nematodirus* spp. (Zvinorova et al., 2016). Los PGI han logrado adaptarse a través del tiempo a diversas condiciones ambientales, lo cual les permite que estén expuestos a infecciones que se puedan cursar de forma crónica subclínica y clínica en el abomaso, intestino delgado, intestino grueso e hígado. (Munguia-Xochihua et al., 2018). Los pequeños rumiantes se infectan con mayor frecuencia por *Haemonchus contortus*, donde se ha adaptado a diferentes climas. *H. contortus* es un hematófago capaz de afectar a poblaciones joven y adulta, disminuyendo la eficacia de la digestión y la absorción de nutrientes, esto reduciendo el metabolismo energético de mantenimiento y producción, ocasionando casos de anemia por la severa pérdida de sangre generando pérdida de peso y alta mortalidad en animales jóvenes, de esta manera causando pérdidas económicas (Munguia-Xochihua et al., 2018).

Las cabras infectadas con parásitos internos pueden presentar una amplia variedad de signos clínicos. Entre los más comunes se encuentran: pelaje áspero y sin brillo, debilidad general, diarrea, apatía, frotamiento frecuente de la cola, dolor en la región epigástrica, signos de hipoproteïnemia, fiebre, deshidratación, pérdida de apetito y reducción progresiva del peso corporal. Además, la conjuntiva ocular y el tercer párpado suelen mostrar una coloración que va del rosa pálido al blanco, indicativo de anemia severa. En casos avanzados, estas infestaciones pueden provocar la muerte del animal (Zvinorova et al., 2016).

Diversos factores influyen significativamente en la aparición y propagación de infecciones parasitarias, relacionados tanto con el hospedador como con el entorno. Entre los factores ambientales, destacan las condiciones agroecológicas favorables, como una humedad relativa entre 75 % y 85 %, precipitaciones elevadas y temperaturas altas, entre 25 °C y 30 °C, las cuales favorecen la supervivencia y desarrollo de los parásitos. Además, el sistema de alojamiento y el manejo de las pasturas determinan en gran medida el tipo y la severidad de las infecciones parasitarias. Por otro lado, características propias del hospedador, como la especie, el sexo, la edad, la condición corporal y la raza, también constituyen factores de riesgo, al igual que la especie parasitaria presente y la carga o intensidad de la infestación (Zvinorova et al., 2016).

Los animales más jóvenes suelen ser los más afectados, ya que su sistema inmunológico aún no está completamente desarrollado, lo que limita su capacidad para enfrentar los patógenos, generando retrasos en el crecimiento y desarrollo. Por otro lado, algunas razas de alta productividad presentan mayores requerimientos nutricionales, lo que puede comprometer su resistencia natural frente a infecciones parasitarias. Las hembras también muestran una mayor susceptibilidad durante la gestación y la lactancia, periodos en los que su sistema inmune se ve comprometido. Además, la condición corporal de los animales se evalúa mediante una escala del 1 al 5, en la cual el grado 1 corresponde a animales muy delgados y el grado 5 a animales obesos. Los valores de 1 y 2 tienen una influencia significativa en la vulnerabilidad de los animales (Salgado et al., 2017).

2.5 Estrategias de tratamiento convencionales contra nematodos gastrointestinales

El control de los nematodos gastrointestinales en cabras se basa principalmente en el uso de fármacos antiparasitarios (Becerril-Gill *et al.*, 2024). Una práctica común es la desparasitación periódica de todos los animales mediante antihelmínticos, lo que, si bien es efectivo a corto plazo, implica un costo considerable para los productores y aumenta el riesgo de generar resistencia en las poblaciones parasitarias. Estos fármacos se clasifican según su mecanismo de acción en tres grandes grupos: benzimidazoles (BZ), imidazotiazoles (IMZ) y lactonas macrocíclicas (LM). Los benzimidazoles actúan desestabilizando el equilibrio entre la tubulina y los microtúbulos, lo que impide la formación de microtúbulos en las células intestinales de los parásitos, afectando su homeostasis celular y provocando su muerte. Entre los fármacos más representativos de este grupo se encuentran el Tiabendazol, Albendazol y Febendazol (Scarcella *et al.*, 2007). Por su parte, los imidazotiazoles ejercen un efecto colinérgico que induce una contracción muscular rápida y sostenida en los parásitos, causando parálisis y posterior muerte. Los principales representantes de esta clase son el Levamisol y el Tetramisol. Finalmente, las lactonas macrocíclicas actúan aumentando la permeabilidad de la membrana plasmática del parásito, lo que genera una hiperpolarización de las células musculares somáticas y faríngeas, resultando en parálisis e inmovilización. Entre los fármacos más utilizados de este grupo se encuentran la Ivermectina, Doramectina y Moxidectina (Rodríguez *et al.*, 2015).

2.8 Resistencia antihelmíntica

El control de los nematodos gastrointestinales se basa principalmente en el uso de antihelmínticos, fármacos específicamente diseñados para eliminar estos parásitos. Sin embargo, el uso inadecuado de estos medicamentos como su administración frecuente y de forma indiscriminada a todos los animales del rebaño ha favorecido la selección y proliferación de poblaciones de NGI con resistencia a los principios activos, reduciendo así la eficacia de los tratamientos convencionales (Montellano *et al.*, 2022). La resistencia antihelmíntica se define como la disminución de la eficacia de un fármaco a concentraciones que normalmente serían letales para los parásitos. Esta resistencia surge debido a modificaciones genéticas y bioquímicas en los nematodos, que les permiten sobrevivir al tratamiento y transmitir los alelos de resistencia a su descendencia, lo que resulta en un aumento progresivo de poblaciones parasitarias resistentes (Lopez-Rodriguez *et al.*, 2023). Existen estudios que han evaluado la resistencia antihelmíntica, en los cuales se observó que el Levamisol presentó una baja eficacia, con apenas un 30.2 % de reducción en el conteo de huevos por gramo (HPG). En comparación, el Albendazol y la combinación de Ivermectina con Levamisol mostraron una eficacia moderada, alcanzando un 65 % de reducción. La Ivermectina administrada de forma individual fue el tratamiento más eficaz, con un 87 %, aunque con una alta variabilidad en la respuesta entre los animales. No obstante, según los criterios establecidos por la World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP), se confirmó la presencia de resistencia antihelmíntica a la combinación Ivermectina + Levamisol, ya que se obtuvo únicamente un 51 % de eficacia y una diferencia mínima del 1.3 % respecto al grupo control, lo cual no cumple con los umbrales establecidos para considerarse un tratamiento efectivo (Gonzalez-Garduño *et al.*, 2014).

2.7 Alternativas de tratamiento

Algunas prácticas de control de las parasitosis incluyen estrategias de pastoreo, la selección de animales resistentes a nematodos gastrointestinales, control biológico utilizando hongos nematófagos, y extracto de plantas con un alto contenido de metabolitos secundarios (Becerril-Gill *et al.*, 2024). Los sistemas de pastoreo tienen como objetivo proporcionar pastos seguros y limpios, utilizado como estrategias de control, se implementa la presencia de dos hospedadores en pasturas compartidas, de esta forma limitan la presencia de poblaciones de nematodos gastrointestinales. Al igual, se puede esperar a que el rocío se disipe del pasto o a que se seque después de la lluvia, y de esta forma no hay ingestión de larvas (Maqbool *et al.*, 2017).

La selección genética dirigida a producir animales más resilientes está basada en utilizar solo aquellos animales que muestren resiliencia al desafío de los nematodos. Las ventajas vistas en un uso reducido de antihelmínticos y un riesgo reducido de residuos en productos animales (Maqbool *et al.*, 2017).

Los hongos nematófagos son unas especies depredadores naturales de nematodos y han sido de gran interés para herramientas de controles biológicas contra nematodos gastrointestinales. Los que han demostrado ser más prometedores son hongos que atrapan nematodos y hongos ovicidas, estos aplicándose en el alimento, las esporas liberadas se activan y atacan larvas parasitarias tras su paso en el tracto gastrointestinal del animal. *Duddingtonia flagrans* ha tenido eficacia contra larvas en fase infecciosa de bovinos, ovinos y caprinos e incluso en equinos (Szewc *et al.*, 2021).

Hay estudios para comprobar la eficacia de otros compuestos no convencionales de origen vegetal con un éxito distinto debido a su efecto no residual en leche y carne (Naeem *et al.* 2021). Las plantas medicinales son fundamentales en el desarrollo de la medicina moderna, gracias a su acción preventiva o curativa por medio de los principios activos, que son producto del metabolismo secundario de la planta. Son éstos los que cuentan con propiedades medicinales o preventivas. Algunos pueden actuar como antibióticos o antisépticos, otros como analgésicos y estimulantes sobre el sistema nervioso, entre otros efectos (Becerril-Gill *et al.*, 2024). Estudios realizados con el extracto hidroalcohólico de *Kalanchoe daigremontiana* demostraron una notable actividad antihelmíntica, logrando inhibir la eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* en un 99.5 % a una concentración de 400 mg/mL, así como reducir la motilidad larvaria en un 85.2 %. Además, este mismo extracto mostró actividad antibacteriana frente a diversas especies. Se determinó una concentración mínima inhibitoria (CMI) de 100 mg/mL para *Pseudomonas aeruginosa* y *Listeria monocytogenes*, y una CMI de 0.781 mg/mL para *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*. Estos resultados indican que el extracto de *K. daigremontiana* posee tanto efecto antihelmíntico como actividad antibacteriana (Rivero-Perez *et al.*, 2022). Otro estudio sobre el extracto hidroalcohólico de *Leucaena leucocephala* demostró una inhibición del 71 % en la eclosión de huevos (IEH) de *Haemonchus contortus* a una concentración de 100 mg/mL, lo que evidencia su actividad antihelmíntica (Lopez-Rodriguez *et al.*, 2022).

Existen diversas maneras de combatir el parasitismo, cada método puede presentar algunas limitaciones, de esta manera se puede deducir que el uso estratégico de antihelmínticos, combinado con mejores prácticas de manejo y estrategias de pastoreo, así como, la selección de animales resilientes puede ayudar a controlar parásitos internos, reduciendo la dependencia antihelmíntica generando un programa de manejo de parásitos más sostenible (Maqbool *et al.*, 2017).

2.7 Muérdago descripción y actividades biológicas

Arceuthobium globosum, es una planta parasita perteneciente al reino Plantae en la división Tracheophyta, clase Manoliopsida, orden Santalales, familia Santalaceae, genero *Arceuthobium* y especie *Arceuthobium globosum*, descrita por Hawsworth y Wiens. Se le conoce de igual forma como muérdago enano, y en inglés como dwarf mistletoe; es una planta parasita caracterizada por la asociación estrecha con otra planta o árbol, obteniendo de esta manera recursos y nutrientes necesarios para el desarrollo, en este caso afecta de manera negativa a la planta hospedadora, como se muestra en la figura 2. *A. globosum* es una planta que mide hasta 35 cm de altura que tiene tendencia a formar agrupaciones globosas con los tallos amarillos claro o amarillo verdoso muy ramificados y tiene flores más grandes que otras y su fruto es forma elíptica de 5 a 6 mm de largo. El muérdago es considerado una plaga forestal, siendo el segundo agente de destrucción de los bosques, con pérdidas anuales en metros cúbicos de madera, ya que parasita a diferentes árboles, como los pinos, cedros (Sotero- García *et al.*, 2017; González- Elizondo *et al.*, 2004).

A *Arceuthobium globosum* se le han atribuido por lo menos a 5 efectos sobre los hospederos, que es la disminución de las tasas de crecimiento, mortalidad, reducción en la cantidad, disminución de la calidad de la madera, predisposición al ataque de algunos insectos presentando enfermedades. *Arceuthobium globosum* se ha utilizado para la diarrea, los nervios, la pulmonía, desordenes reumáticos, para molestias en garganta y la tos, ingerida por medio de infusiones, empleando la parte de los tallos, flores y hojas. Ha sido auxiliar para infecciones del tracto respiratorio superior, trastornos gastrointestinales, para la tos, diarrea, remedio hipoglucémico, dolor de huesos, reumatismo y para los nervios (Sotero- García *et al.*, 2017). Existen estudios donde la misma especie, pero distinto género, como es *Arceuthobium vaginatum* capaz de inhibir la eclosión de huevo de *H. contortus*, utilizando extracto de acetato de etilo y subfracciones de este mismo demostrando efectos importantes de inhibición contra este parasito. Compuestos secundarios como cumaratos y naringenina, presentes en este estudio revelaron mejor actividad ovicida contra *H. contortus* y podría estar compartiendo relación con algunos metabolitos secundarios de *Arceuthobium globosum* y siendo los responsables de la actividad antihelmíntica (Becerril-Gil *et al.*, 2023).

Otro estudio evidenció que el extracto metanólico crudo obtenido a partir de *A. americanum* presenta propiedades antibióticas de espectro reducido y acción bactericida, mostrando eficacia frente a diversas bacterias Gram positivas, entre ellas cepas clínicamente relevantes de *Staphylococcus aureus* resistente a metilicina (SARM). Se identificó que el sexo de las plantas como la época de recolección influyeron de manera significativa en la potencia de extractos, destacando aquellos obtenidos a partir de ejemplares masculinos recolectados en el mes de agosto, los cuales mostraron la mayor actividad biológica (Pernitsky *et al.*, 2011). En otro estudio, se obtuvo el extracto y subfracciones de *A. oxycedri* proveniente de Pakistan donde fueron evaluadas diferentes actividades biológicas, como actividad anticancerígena mediante el ensayo MTT en la línea celular de cáncer cervicouterino, la letalidad en larvas de *Artemia salina* mediante técnica de beta-eclosión y actividad antiinflamatoria mediante técnica de beta-eclosión y actividad antiinflamatoria mediante técnica de quimioluminiscencia en el ensayo de estallido oxidativo; la fracción n-hexano del extracto total de *A. oxycedri* mostro un 69.3% de mortalidad contra la línea celular HeLa. La actividad letal en *Artemia salina* del extracto presento un 53.3% de mortalidad a la concentración más alta evaluada. En contraste, la actividad antiinflamatoria con el extracto metanólico total de *A. oxycedri* y demás subfracciones resultaron inactivas. Se obtuvieron resultados significativos para la subfraccion n-hexano del extracto total frente a la línea celular HeLa, sugiriendo su potencial

como fármaco terapéutico alternativo contra cáncer cervicouterino en el futuro con efectos secundarios mínimos (Khan *et al.*, 2023)



Figura 2. *Arceuthobium globosum* parasitando un pino

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la producción ganadera, las estrategias para el control de infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) están en constante evolución. El uso combinado de antihelmínticos de amplio espectro es actualmente una de las estrategias más comunes; sin embargo, se han reportado pérdidas significativas en la productividad, así como altas tasas de mortalidad asociadas a estas infecciones. La eficacia de los antihelmínticos convencionales se ha visto comprometida debido al creciente desarrollo de resistencia por parte de los parásitos. La resistencia antihelmíntica (RA) se define como la capacidad de los parásitos para sobrevivir a dosis estándar de un fármaco que, en condiciones normales, resultaría eficaz. Cuando los parásitos logran sobrevivir al tratamiento, se produce una presión selectiva que favorece la propagación de genes de resistencia en la población. Estos genes pueden originarse por mutaciones, inserciones o deleciones en secuencias que codifican proteínas blanco del fármaco, modificando su estructura y disminuyendo progresivamente su efecto antiparasitario. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias de control sostenibles que prevengan problemas de salud, bienestar animal y el avance de la RA. En este contexto, los extractos de plantas han sido utilizados desde hace tiempo como agentes antihelmínticos tanto en humanos como en animales. Diversos metabolitos secundarios de origen vegetal como cumarinas, terpenoides, taninos, alcaloides, antioxidantes y flavonoides presentan propiedades antihelmínticas y neurotóxicas, además de actuar sobre la fosforilación oxidativa mitocondrial, inhibiéndola. Estos compuestos naturales han demostrado, en muchos casos, una mayor actividad biológica en comparación con los compuestos sintéticos. Así, los productos de origen vegetal representan una alternativa prometedora para el control o tratamiento de los NGI, permitiendo reducir el uso indiscriminado de fármacos y contribuyendo a prevenir la aparición de resistencia en el futuro.

4. JUSTIFICACIÓN

Los pequeños rumiantes, como los caprinos, son altamente susceptibles a enfermedades parasitarias, las cuales constituyen uno de los principales problemas sanitarios a nivel mundial, afectando negativamente su desarrollo, salud y productividad. Entre los parásitos más relevantes se encuentran los nematodos gastrointestinales (NGI), los cuales presentan características biológicas que favorecen su persistencia, como una alta prolificidad y una notable adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, lo que incrementa su prevalencia en diferentes regiones. El control convencional de esta parasitosis se basa en el uso de fármacos antihelmínticos. No obstante, su uso frecuente e indiscriminado en la producción caprina ha generado una reducción progresiva en su eficacia, debido al desarrollo de resistencia antihelmíntica por parte de los parásitos. Esta problemática ha impulsado la búsqueda de alternativas no convencionales de control, entre ellas el uso de extractos vegetales con propiedades antiparasitarias, lo cual representa una estrategia prometedora y sostenible. En este contexto, *Arceuthobium*, conocido comúnmente como "muérdago enano", ha sido identificado como una planta con potencial actividad antihelmíntica. Aunque esta especie es considerada una planta parásita de árboles maderables y frutales generando pérdidas económicas en la silvicultura, estudios fitoquímicos han revelado que posee un alto contenido de flavonoides y otros metabolitos secundarios con efectos biológicos relevantes. Entre los compuestos identificados se encuentran el ácido clorogénico, luteolina, quercetina, apigenina, isoramnetina, cinamatos, cumarina, ácido ferúlico, cumarato y naringenina. Estos compuestos han mostrado efectos biológicos positivos y podrían estar relacionados con la actividad antihelmíntica observada, posicionando al *A. globosum* como una alternativa viable para el control de nematodos gastrointestinales en caprinos.

5. HIPOTESIS

El extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* presentará actividad antihelmíntica frente a nematodos gastrointestinales de caprinos.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar *in vitro* la actividad antihelmíntica del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* sobre poblaciones de nematodos gastrointestinales en caprinos para proponerlo como posible alternativa de tratamiento en enfermedades provocadas por este tipo de parásitos.

6.2 Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos de nematodos gastrointestinales de caprinos expuestos a el extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum*.
2. Determinar el porcentaje de mortalidad larvaria del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* contra nematodos gastrointestinales de caprinos.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Obtención del extracto

Arceuthobium globosum fue colectado en Singuilucan, municipio de Hidalgo, México, ubicada a 19° 59' 55.5" de latitud Norte, 98° 29' 27.57" de longitud Oeste (INEGI, 2017). El material fresco se secó a temperatura ambiente en ausencia de luz, posteriormente se maceró el material vegetal (250 g) en 250 mL de una solución hidroalcohólica (70 % agua, 30% metanol), durante 72 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, la mezcla se filtró y concentró a presión reducida en una rota evaporador (Rivero-Pérez *et al.*, 2019).

7.2 Material biológico

Para la obtención de huevos de NGI se recolectaron muestras fecales directamente del recto de 94 caprinos de una unidad de producción en el municipio de Acatlán, Hidalgo, que corresponde con las coordenadas geográficas 20°8'44" de latitud norte y 98°26'24" de longitud oeste (INEGI, 2017). Las muestras se transportaron a temperatura de refrigeración al laboratorio de bacteriología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el Instituto de Ciencias Agropecuarias, para la identificación por medio de la técnica de flotación y la cuantificación de huevo por gramo de heces (HPG), mediante la técnica de Mac Master descrita por Rivero-Pérez *et al.*, 2018.

7.3 Recuperación de huevo de nematodos gastrointestinales

Mediante la metodología descrita por Von Son-de Fernex *et al.*, 2015, se lavaron 30 gramos de heces con agua destilada en los tamices de 200, 100, 75 y 37 µm. En el tamiz de 37 µm donde quedo material retenido, se lavó con 6 mL de solución salina saturada y se centrifugó a 3500 rpm por 5 minutos. Para poder obtener huevos libres de materia orgánica y solución salina, el sedimento fue lavado en 3 ocasiones diferentes utilizando agua destilada, para poder así obtener una solución de huevo limpio a una concentración estimada de 150 a 200 huevos en 50 µL para el montaje del bioensayo.

7.4 Prueba de inhibición de la eclosión de huevo (IEH)

En una placa de 96 pozos se agregó 50 µL de agua destilada con 150 huevos aproximadamente más 50 µL de cada concentración a evaluar, (100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.12, 1.56 mg/mL), con cuatro repeticiones. Se utilizaron dos controles positivos, el primero fue Ivermectina (5mg/mL) y el segundo fue Tiabendazol (0.1 mg/mL). Se utilizó como control negativo agua destilada. Finalmente se colocó la placa en una cámara de humedad constante y se incubó a 30 °C durante 48 horas. Después de la incubación, se cuantificó el número de huevos sin eclosionar y larvas L1 por pocillo, observando 10 alícuotas de 10 µL en el microscopio con el objetivo 4x, de esta manera, calculando el porcentaje de inhibición de la eclosión descrita por Castillo-Mitre y colaboradores utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ de inhibicion de la eclosion} = \frac{L1}{L1 + \text{Huevo}} * 100$$

7.5 Recuperación de larvas de nematodos gastrointestinales

Para realizar la prueba de mortalidad larvaria, las muestras de heces de los caprinos con más de 1000 o más huevos por gramo de heces, fueron sometidas a un coprocultivo por 21 días, pasado el periodo de incubación, las larvas fueron recuperadas por la técnica de Bearmann, posteriormente se desenvainaron con hipoclorito de sodio al 3 % para ser suspendidas en solución salina a una concentración estimada de 150 a 200 larvas en 50 µL.

7.6 Prueba de mortalidad larvaria

En una placa de 96 pozos como se muestra en la figura 3, se colocaron 50 µL de una solución previamente ajustada, más 50 µL del extracto a diferentes concentraciones (200-1.56 mg/mL). Se utilizó como control positivo Ivermectina (5 mg/mL) y Tiabendazol (0.1mg/mL) y como control negativo agua destilada. La placa se incubó a 30° C por 48 horas, transcurrido el tiempo de incubación se determinó la cantidad de larvas vivas y muertas. Para determinar el porcentaje de mortalidad se utilizó la siguiente ecuación matemática (Lopez-Rodriguez *et al.*, 2022).

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\text{Larvas muertas} * 100}{\text{Larvas totales}}$$

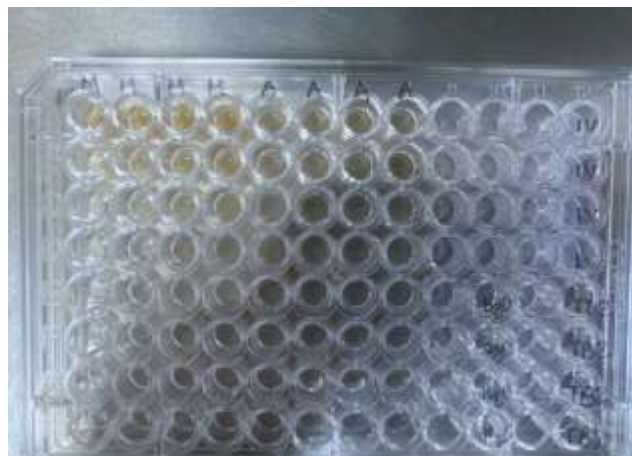


Figura 3. Placa de 96 pozos para prueba de mortalidad larvaria utilizando extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum*

7.7 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante un diseño completamente al azar a través de ANOVA utilizando el modelo lineal general (GLM). Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante el análisis estadístico de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95% utilizando el paquete estadístico Minitab18.

Las concentraciones efectivas y letales 50 (CE_{50}) y 90 (CE_{90}) fueron calculadas usando el comando PROBIT en el paquete estadístico SAS 9.0.

8. RESULTADOS

8.1 Identificación y cuantificación de huevo de nematodos gastrointestinales (HNGI)

Para la identificación de los parásitos presentes, se realizaron exámenes coprológicos utilizando la técnica de flotación y para la cuantificación de huevos, se llevó a cabo mediante la técnica de McMaster. Las muestras fecales fueron recolectadas directamente del recto de los animales y para la identificación de las estructuras parasitarias se basó en características morfológicas observadas al microscopio, como forma, tamaño y tipo de larva o huevo.

El análisis coprológico permitió identificar la presencia de diversos parásitos gastrointestinales en las muestras fecales analizadas. Las especies observadas al microscopio incluyeron nematodos como *Haemonchus contortus*, *Nematodirus* spp, y *Trichuris* spp, así como el cestodo *Moniezia* spp, y ooquistes del protozoo *Eimeria* spp, como se observa en la figura 4. *Haemonchus contortus* fue la especie más prevalente y con mayor carga parasitaria. En la técnica de McMaster se determinó que la unidad de producción presentó un rango de entre 1,000 y 4,000 HPG, lo que indica la presencia de una elevada carga parasitaria.

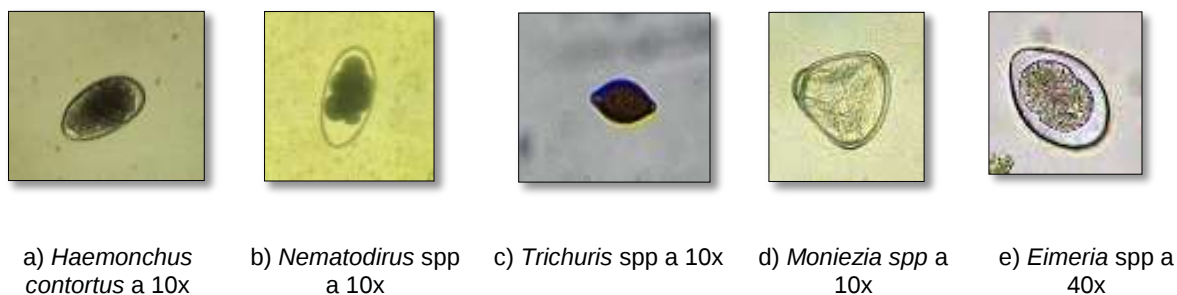


Figura 4. Fase de huevo de parásitos observados en las muestras fecales de cabra

8.2 Actividad antihelmíntica del extracto de *Arceuthobium globosum* contra nematodos gastrointestinales de caprinos

8.2.1 Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevo (%IEH)

Se evaluó el porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos de nematodos gastrointestinales de campo, donde Ivermectina (5mg/mL) mostro la mayor efectividad, con un porcentaje de IEH de 98.02%, le siguió el extracto de *A. globosum* a una concentración de 100 mg/mL, con un IEH de 89.83%. El extracto hidroalcohólico de *A. globosum* mostró mejores resultados de IEH que Tiabendazol (0.1mg/mL), con un 69.53%.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de inhibición de la eclosión de huevo, se observó que las concentraciones evaluadas del extracto hidroalcohólico de 100 a 3.12mg/mL inhibieron 89.83, 65.69, 62.22, 42.64, 35.13, 34.43%, respectivamente. Observando de manera general un comportamiento dosis-dependiente, donde a menor concentración, menor efecto, como se observa en el Cuadro 1. En la prueba de la inhibición de la eclosión de huevos, el extracto hidroalcohólico de *A. globosum* mostro una concentración efectiva 50 (CE₅₀) de 0.01 g/mL y una concentración efectiva 90 (CE₉₀) de 1.11 g/mL. Estos valores indican que dosis relativamente bajas del extracto son capaces de inhibir el 50% de la eclosión de huevos de nematodos gastrointestinales, mientras que para alcanzar un 90% de la inhibición se requieren concentraciones más elevadas, como se muestra en la figura 5.

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de nematodos gastrointestinales de campo expuestos a un extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum*

Tratamientos	%IEH ± d.e
Agua destilada	9.54±3.27 ^g
Tiabendazol (0.1 mg/mL)	69.53±0.52 ^c
Ivermectina (5mg/mL)	98.02±1.40 ^a
Extracto hidroalcohólico de <i>Arceuthobium globosum</i>	
100	89.83±2.22 ^b
50	65.69±0.18 ^{c,d}
25	62.22±2.34 ^d
12.5	42.64±1.04 ^e
6.25	35.13±1.04 ^f
3.12	34.43±0.32 ^f
Valor de P	0.001

a, b, c, d,e,f,g Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia estadística significativas, d.e= desviación estándar.

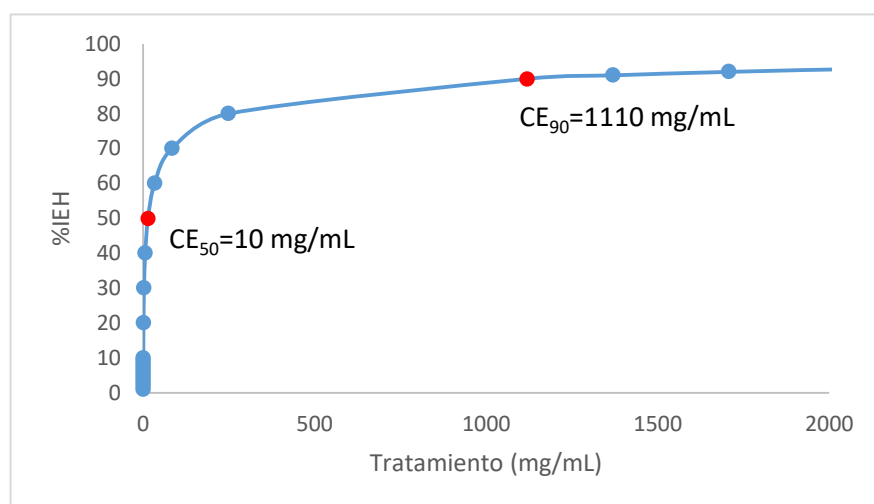


Figura 5. Concentraciones efectivas CE₅₀ Y CE₉₀ del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* sobre huevos de nemátodos gastrointestinales

8.2.2 Porcentaje de mortalidad larvaria (%ML)

Los resultados obtenidos en la prueba de mortalidad larvaria (%ML) revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($P=0.001$). La Ivermectina, utilizada como control positivo a una concentración de 5 mg/mL, mostró el 100% de mortalidad larvaria, posicionándose como el tratamiento más efectivo. En contraste, el control negativo que fue agua destilada presentó una inhibición mínima del 4.8 %, lo que confirma su nula actividad sobre la mortalidad larvaria. El Tiabendazol, a una concentración de 0.1 mg/mL, alcanzó una inhibición moderada del 11.2 %, significativamente menor en comparación con el extracto hidroalcohólico e Ivermectina. En cuanto al extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum*, se observó una respuesta dependiente de la concentración. La mayor concentración evaluada (100 mg/mL) presentó una inhibición del 48.4 %, seguida por los tratamientos con 50 mg/mL (38.5 %), 25 mg/mL (33.5 %), 12.5 mg/mL (27.3 %), 6.25 mg/mL (15.3 %), 3.12 mg/mL (11.4 %) y 1.56 mg/mL (10.4 %), como se observa en el Cuadro 3. Los resultados obtenidos muestran que el extracto hidroalcohólico de *A. globosum* presentó una concentración letal media (CL_{50}) de 0.11 g/mL y una concentración letal 90 (CL_{90}) de 6.89 g/mL. Estos valores indican que dosis relativamente bajas del extracto son capaces de causar mortalidad en el 50% de la población de nematodos evaluados, mientras que para alcanzar un 90% de mortalidad se requieren concentraciones considerablemente mayores, como se observa en la figura 6.

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad larvaria de nematodos gastrointestinales de caprino expuestos a un extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum*

Tratamientos	% ML $\pm$ d.e
Agua destilada	4.8 $\pm$ 0.59 ^h
Tiabendazol (0.1mg/mL)	11.2 $\pm$ 0.38 ^g
Ivermectina (5mg/mL)	100 $\pm$ 0.00 ^a
Extracto hidroalcohólico de <i>A. globosom</i> (%)	
100	48.4 $\pm$ 2.08 ^b
50	38.5 $\pm$ 1.98 ^c
25	33.5 $\pm$ 0.46 ^d
12.5	27.3 $\pm$ 2.30 ^e
6.25	15.3 $\pm$ 0.18 ^f
3.12	11.4 $\pm$ 0.26 ^g
1.56	10.4 $\pm$ 1.22 ^g
Valor de P	0.001

^{a,b,c,d,e,f,g} Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencias estadísticas significativas. d.e= desviación estándar

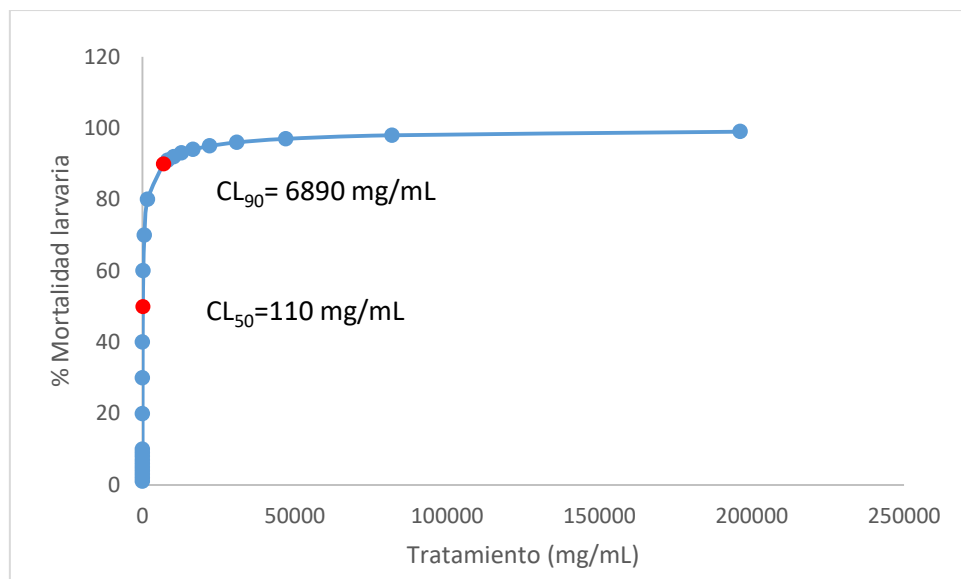


Figura 6. Concentraciones letales CL_{50} y CL_{90} del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* sobre larvas de nemátodos gastrointestinales

9. DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó la eficacia del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* frente a dos fármacos convencionales, siendo Ivermectina y Tiabendazol, en la inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) y mortalidad larvaria de nematodos gastrointestinales de campo en caprinos en un modelo experimental. Los resultados para %IEH mostraron que el extracto a 100 mg/mL presentó una alta actividad biológica, con un %IEH de 89.83%, solo por debajo de Ivermectina con 98%, considerado el tratamiento más efectivo. A medida que la concentración del extracto disminuyó, también lo hizo su efecto inhibitorio, lo que sugiere una posible relación concentración-dependiente.

Estos hallazgos apoyan la hipótesis de que *A. globosum* posee compuestos activos con potencial efecto antihelmíntico. Además, los resultados coinciden parcialmente con estudios previos que han documentado la actividad biológica de otras especies del género *Arceuthobium*. Resultados similares han sido reportados en investigaciones que evalúan el potencial antihelmíntico de extractos vegetales. Por ejemplo, Becerril-Gill *et al.*, 2024, utilizó extracto de acetato de etilo y subfracciones de *Arceuthobium vaginatum*, que mostraron una actividad ovicida considerable sobre *H. contortus* en ovino. El extracto logró inhibiciones superiores al 90% desde concentraciones tan bajas como 0.25 mg/mL, y la subfracción AvR9 alcanzó un porcentaje de inhibición del 96.1% a esta misma concentración. En contraste, otras fracciones como AvR13 y AvR14 mostraron efectos ovicidas considerablemente menores, en el rango de 17.28% a 36.29%.

En el presente estudio no se realizó una separación de fracciones, el extracto hidroalcohólico de *A. globosum* a 100 mg/mL presentó una inhibición del 89.83% resultado comparable al del extracto etilo a 0.25 mg/mL. Sin embargo, a diferencia del estudio mencionado, donde se obtuvo alta eficacia a dosis relativamente bajas, en este trabajo se requirieron concentraciones elevadas del extracto crudo para alcanzar niveles similares de inhibición. Esto podría deberse a que el subfraccionamiento permite concentrar compuestos bioactivos, mientras que los extractos crudos contienen mezcla más heterogénea de metabolitos. A pesar de ello, el extracto de *A. globosum* demostró un efecto biológico relevante, especialmente si se considera que no fue sometido a procesos de purificación, lo cual resalta su potencial como candidato natural para el desarrollo de antiparasitarios de base vegetal. Al comparar los resultados obtenidos con *A. globosum* con los reportados para *A. vaginatum*, se observa que los valores de CE_{50} (0.01 g/mL) y CE_{90} (1.11 g/mL) de *A. globosum* son considerablemente mayores que los de *A. vaginatum* ($CE_{50} = 0.00012$ g/mL; $CE_{90} = 0.0004$ g/mL), lo que sugiere que el extracto *A. vaginatum* posee mayor potencia para inhibir la eclosión de huevos de nematodos. Podría atribuirse a variaciones en la concentración de compuestos bioactivos presentes en cada especie y en la susceptibilidad de los nematodos evaluados (Becerril-Gill *et al.*, 2024).

Son escasos los estudios que reportan la actividad antihelmíntica de plantas parásitas, incluyendo algunas especies de muérdago. No obstante, investigaciones previas han documentado la actividad antiparasitaria de especies como *Striga hermonthica* y *Tapinanthus sessilifolius*. En dicho estudio, se observó que los extractos presentaron actividad *in vitro* contra *Plasmodium* spp., con concentraciones efectivas que oscilaron entre 200.5 y 274.8 µg/mL (Okpako y Ajalyeoba, 2004). Si bien estas investigaciones se enfocaron en especies parásitas distintas a la evaluada en el presente trabajo, sus hallazgos respaldan la hipótesis de que las plantas parásitas pueden poseer compuestos con actividad antiparasitaria, lo cual refuerza la relevancia de los resultados obtenidos en este estudio. En

cuanto a la composición fitoquímica de *Arceuthobium*, se ha reportado que los muérdagos poseen un alto contenido de flavonoides, entre los que se han identificado compuestos como ácido clorogénico, luteolina, quercetina, apigenina e isoramnetina (Garcia-Garcia et al., 2021; Simirgiotis et al., 2016). Además, se ha documentado la presencia de otros metabolitos secundarios en especies del mismo género, como *A. vaginatum*, incluyendo polifenoles, flavonoides glicosilados, glucósido de quercetina, cinamatos, cumarinas, ácido ferúlico, cumarato, naringenina, ácido protocatecuico y naringina. En otras especies como *A. oxycedri* y *A. americanum*, se han identificado compuestos fenólicos con actividad antibacteriana y antifúngica (Becerril-Gill et al., 2024).

La isoramnetina es un flavonoide con diversas actividades biológicas, entre ellas citotóxica, antimicrobiana, antiviral, antioxidante, hepatoprotectora, anticancerígena, antiinflamatoria y antidiabética. Se ha sugerido que este compuesto es responsable de provocar alteraciones morfológicas en huevos y larvas, de acuerdo con estudios que han identificado cambios estructurales en la morfología de *Haemonchus contortus* asociados a su presencia. Los flavonoides como la quercetina pueden interactuar con las bicapas lipídicas de las membranas celulares, afectando procesos fisiológicos al modificar sus propiedades eléctricas, lo que altera la permeabilidad, el intercambio de oxígeno y la liberación de sustancias y enzimas necesarias para la degradación de la membrana del huevo, impidiendo así la eclosión normal. En cuanto a las larvas ya emergidas, la isoramnetina podría ejercer un efecto similar mediante su interacción con receptores larvarios, provocando daños tisulares que comprometen su viabilidad (Delgado-Núñez et al., 2020). Otros estudios han demostrado que el ácido cumárico es capaz de atravesar la cutícula externa del huevo, donde interactúa químicamente con sus componentes, provocando la degradación de la cáscara. Este proceso interfiere con los mecanismos de eclosión y, en consecuencia, impide la liberación de las larvas (Becerril-Gil et al., 2024). Estos antecedentes permiten sugerir que la actividad antihelmíntica observada en el presente estudio podría estar relacionada con la presencia de dichos compuestos bioactivos. No obstante, será necesario realizar estudios posteriores para aislar e identificar específicamente el o los compuestos responsables de dicha actividad.

10. CONCLUSIÓN

El extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* mostró actividad antihelmíntica sobre nemátodos gastrointestinales de caprinos, evidenciada tanto en la inhibición de la eclosión de huevos como en la mortalidad larvaria. Los resultados del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* evidenciaron una mayor eficacia en la inhibición de la eclosión de huevos en comparación con su efecto sobre la mortalidad larvaria. Estos resultados confirman que *A. globosum* posee compuestos con potencial antihelmíntico, respaldando su posible uso como alternativa natural para el control de nematodos gastrointestinales en caprinos. Sin embargo, es necesario realizar análisis fitoquímicos, de citotoxicidad y ensayos *in vivo* para validar su eficacia y seguridad.

11. REFERENCIAS

- Achakzai, J. K., Anwar Panezai, M., Kakar, M. A., Kakar, A. M., Kakar, S., Khan, J., Khan, N. Y., Khilji, I., & Tareen, A. K. (2019). In Vitro Anticancer MCF-7, Anti-Inflammatory, and Brine Shrimp Lethality Assay (BSLA) and GC-MS Analysis of Whole Plant Butanol Fraction of *Rheum ribes* (WBFRR). *BioMed research international*, 3264846. <https://doi.org/10.1155/2019/3264846>
- Becerril-Gil, M. M. N., Estrada-Flores, J. G., González-Cortazar, M., Zamilpa, A., Endara-Agramont, Á. R., Mendoza-de Gives, P., López-Arellano, M. E., & Olmedo-Juárez, A. (2023). Bioactive compounds from the parasitic plant *Arceuthobium vaginatum* inhibit *Haemonchus contortus* egg hatching. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 33(1), e013223. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612024004>
- Castillo-Mitre, G. F., Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., González-Cortázar, M., Mendoza-de Gives, P., Hernández-Beteta, E. E., Reyes-Guerrero, D. E., López-Arellano, M. E., Vázquez-Armijo, J. F., Ramírez-Vargas, G., & Zamilpa, A. (2017). Caffeoil and coumaroil derivatives from *Acacia cochliacantha* exhibit ovicidal activity against *Haemonchus contortus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 204, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.04.010>
- Chávez-Silvestre, M. F., Aldrete-Arteaga, A. A., Peralta-Ortiz, J. J. G., Hernández-Zarco, M. A., López-Ojeda, J. C., & Almaraz-Buendía, I. (2022). Vegetación disponible para la producción caprina en el estado de Hidalgo y su influencia en la calidad de la carne. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 8(15), 11–14. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/issue/archive>
- Delgado-Núñez, E. J., Zamilpa, A., González-Cortazar, M., Olmedo-Juárez, A., Cardoso-Taketa, A., Sánchez-Mendoza, E., Tapia-Maruri, D., Salinas-Sánchez, D. O., & Mendoza-de Gives, P. (2020). Isorhamnetina: Un flavonoide nematocida de las hojas de *Prosopis laevigata* contra los huevos y larvas de *Haemonchus contortus*. *Biomoléculas*, 10(5), 773. <https://doi.org/10.3390/biom10050773>
- FAO. (2025). *Animales lecheros, pequeños rumiantes*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/dairy-production-products/dairy/small-ruminants/es>
- García-García, J. D., Anguiano-Cabello, J. C., Arredondo-Valdés, R., Candido Del Toro, C. A., Martínez-Hernández, J. L., Segura-Ceniceros, E. P., Govea-Salas, M., González-Chávez, M. L., Ramos-González, R., Esparza-González, S. C., Ascacio-Valdés, J. A., López-Badillo, C. M., & Ilyina, A. (2021). Phytochemical Characterization of *Phoradendron bollanum* and *Viscum album* subs. *austriacum* as Mexican Mistletoe Plants with Antimicrobial Activity. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(7), 1299. <https://doi.org/10.3390/plants10071299>
- González-Garduño, R., López-Arellano, M. E., Ojeda-Robertos, N., Liébano-Hernández, E., & Mendoza-de Gives, P. (2014). Diagnóstico in vitro y en campo de resistencia antihelmíntica en nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(3), 399–405. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2014000300008>
- Hernández-Alvarado, J., Zaragoza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez, A., & Rivero-Pérez, N. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: Enfoque en medicina veterinaria. *Abanico veterinario*, 8(1), 14–27. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.1>

- INEGI. (2017). *Datos geográficos del municipio de Aguascalientes, Aguascalientes* [PDF]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13001.pdf
- Khan, N. Y., Panezai, M. A., Achakzai, J. K., Haq, I. U., Noreen, F., Masood, A., ... & Sajjad, A. (2023). In vitro anticancer (Hela), anti-inflammatory, brine shrimp lethality assay and GC-MS analysis of whole plant *Arceuthobium oxycedri* (dwarf mistletoe) N-hexane fraction. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 33(3), 747–755. <https://doi.org/10.36899/JAPS.2023.3.0647>
- López Rodríguez, G., Zaragoza Bastida, A., Olmedo Juárez, A., Rosenfeld Miranda, C., & Rivero Pérez, N. (2023). Gastrointestinal nematodes in sheep and their anthelmintic resistance: A subject under discussion in Mexico. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. <https://doi.org/10.36610/j.isaas.2023.100200116>
- Maqbool, I., Wani, Z. A., Shahardar, R. A., Allaie, I. M., & Shah, M. M. (2017). Integrated parasite management with special reference to gastro-intestinal nematodes. *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*, 41(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s12639-016-0765-6>
- Miller, B. A., & Lu, C. D. (2019). Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(8), 1219–1232. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0253>
- Miranda-de la Lama, G., & Estévez-Moreno, L. (2022). La producción animal vista desde la ganadería de los pequeños rumiantes: Una mirada a su resiliencia, tendencias y posibilidades futuras. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75, 55–58. (PDF) [La producción animal vista desde la ganadería de los pequeños rumiantes: Una mirada a su resiliencia, tendencias y posibilidades futuras](#) *Animal production from the perspective of small ruminant farming: A view on resilience, trends and future opportunities*
- Montellano, C., Torres-Acosta, F., Ojeda-Robertos, N., Reyes, L., & Maldonado, S. (2022). Manejo integrado de parásitos en pequeños rumiantes. *Bioagrociencias*, 15. <https://doi.org/10.56369/BAC.4463>
- Munguía-Xóchihua, J., Navarro-Grave, R., Hernández-Chávez, J., Molina-Barrios, R., Cedillo-Cobián, J., & Granados-Reyna, J. (2018). Parásitos gastroentéricos, población *Haemonchus contortus* en caprinos en clima semiárido de Bacum, Sonora, México. *Abanico Veterinario*, 8(3), 42–50. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.83.2>
- Naeem, M., Iqbal, Z., & Roohi, N. (2020). Ovine haemonchosis: A review. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 19. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02439-8>
- Okpako, L., & Ajaiyeoba, E. (2004). In vitro and in vivo antimalarial studies of *Striga hermonthica* and *Tapinanthus sessilifolius* extracts. *African Journal of Medicine and Medical Sciences*, 33, 73–75. [In vitro and in vivo antimalarial studies of Striga hermonthica and Tapinanthus sessilifolius extracts | Request PDF](#)
- Pernitsky, K. Y., Mason, Q. D., Cinel, B., & Friedman, C. M. R. (2011). Discovery and partial purification of an antibiotic from lodgepole pine dwarf mistletoe (*Arceuthobium americanum*) active against Gram-positive organisms including methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(9), 1722–1727. Recuperado de https://academicjournals.org/article/article1380622991_Pernitsky%20et%20al.pdf
- Rahmann, G., & Seip, H. (2007). Alternative management strategies to prevent and control endo-parasite diseases in sheep and goat farming systems: A review of the recent scientific knowledge. *Landbauforschung Völkenrode*, 57(2). [Alternative management strategies to prevent and control endo-parasite diseases in sheep and goat farming systems - A review of the recent scientific knowledge](#)

- Rajeswari, V. D. (2014). Anthelmintic activity of plants: A review. *Research Journal of Phytochemistry*, 8(3), 57–63. <https://doi.org/10.3923/rjphyto.2014.57.63>
- Rivero Pérez, N., Jaramillo Colmenero, A., Rivas Jacobo, M., Ballesteros Rodea, G., & Zaragoza Bastida, A. (2021). Actividad antihelmíntica de la vaina de *Leucaena leucocephala* sobre nematodos gastrointestinales de ovinos (in vitro). *Abanico Veterinario*. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.95>
- Rivero-Pérez, N., Prieto-Méndez, J., Hernández-Fuentes, A., Zaragoza-Bastida, A., & Madariaga-Navarrete, A. (2022). Efecto antihelmíntico y antibacteriano in vitro del extracto hidroalcohólico de hojas y tallos de *Kalanchoe daigremontiana*. *Abanico Veterinario*, 12, 102. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.1>
- Rodríguez Diego, Jesús G, Arece, Javier, Olivares, Javier L, Alemán, Yousmel, & Sánchez Castilleja, Yolanda. (2015). Antihelmínticos, resistencia y método FAMACHA: Experiencia cubana en ovinos. *Revista de Salud Animal*, 37(1), 57-63. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2015000100009&lng=es&tlng=es.
- Salgado-Moreno, Socorro, Carrillo-Díaz, Fernando, Escalera-Valente, Francisco, & Delgado-Camarena, Cindy. (2017). Pruebas para identificar ovinos resistentes a parásitos gastrointestinales en San Pedro Lagunillas Nayarit. *Abanico veterinario*, 7(3), 63-71. <https://doi.org/10.21929/abavet2017.73.7>
- Scarcella, S., Ceriani, C., Rodríguez, J. A., & Solana, H. D. (2007). Caracterización de la proteína microtubular de diferentes helmintos parásitos. Sus implicancias en el modo de acción de los benzimidazoles antihelmínticos. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 8(6), 1-8. [\(PDF\) Caracterización de la proteína microtubular de diferentes helmintos parásitos. Sus implicancias en el modo de acción de los benzimidazoles antihelmínticos](#)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Anuario estadístico de la producción ganadera*. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_pecuario/
- Simirgiotis, M. J., Quispe, C., Areche, C., & Sepúlveda, B. (2016). Phenolic Compounds in Chilean Mistletoe (Quintral, *Tristerix tetrandus*) Analyzed by UHPLC–Q/Orbitrap/MS/MS and Its Antioxidant Properties. *Molecules*, 21(3), 245. <https://doi.org/10.3390/molecules21030245>
- Sotero-García, A. I., Arteaga-Reyes, T., Campos-Martínez, A. R., & Bunge, V. (2018). Local knowledge of *Arceuthobium* genus in a natural protected area of the centre of Mexico. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17, 120–129. <https://www.blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/39>
- Szewc, M., De Waal, T., & Zintl, A. (2021). Biological methods for the control of gastrointestinal nematodes. *The Veterinary Journal*, 268, 105602. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105602>
- 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 : an open access journal from MDPI*, 12(7), 837. <https://doi.org/10.3390/ani12070837>
- Torres Vázquez, J. A., Valencia Posadas, M., Castillo Juárez, H., & Montaldo, H. (2012). Tendencias genéticas y fenotípicas para características de producción y composición de la leche en cabras Saanen de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(4), 337–348. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1499>
- Varo-Rodríguez, R., Ávila-Akerberg, V., & Gheno-Heredia, J. (2016). Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en

el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba. *Teoría y Praxis*, (19), 11-31. <https://www.redalyc.org/pdf/4561/456146535002.pdf>

- Vázquez-Rocha, Lizeth, Vázquez-Armijo, José Fernando, Estrada-Drouaillet, Benigno, Martínez-González, Juan Carlos, López-Villalobos, Nicolás, & López-Aguirre, Daniel. (2024). Caracterización del sistema caprino de producción extensiva en el Altiplano de Tamaulipas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(2), e4061. Epub 13 de junio de 2024. <https://doi.org/10.19136/era.a11n2.4061>
- Yang, J., Chen, C., Zhao, S., Ge, F., & Liu, D. (2014). Effect of solvents on the antioxidant activity of walnut (*Juglans regia* L.) shell extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(9), 621–626. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-9-15>
- Zapata-Campos, C. C., & Mellado-Bosque, M. Á. (2021). La cabra: Selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido. *CienciaUAT*, 15(2), 169–185. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1409>
- Zvinorova, P. I., Halimani, T. E., Muchadeyi, F. C., Matika, O., Riggio, V., & Dzama, K. (2016). Prevalence and risk factors of gastrointestinal parasitic infections in goats in low-input low-output farming systems in Zimbabwe. *Small ruminant research : the journal of the International Goat Association*, 143, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.09.005>