



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

TESIS DE LICENCIATURA

ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DEL ACEITE
ESENCIAL DE ORÉGANO COMÚN (*Origanum*
vulgare*) SOBRE *Haemonchus contortus
RESISTENTE A BENZIMIDAZOLES

Para obtener el título de Médica Veterinaria Zootecnista

PRESENTA

Inti Yeraí Montaña Vargas

Directora

Dra. Nallely Rivero Pérez

Codirector

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

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 ANTIHELMÍNTICA DEL ACEITE
ESENCIAL DE ORÉGANO COMÚN (*Origanum*
vulgare*) SOBRE *Haemonchus contortus
RESISTENTE A BENZIMIDAZOLES

Para obtener el título de Médica Veterinaria Zootecnista

PRESENTA

Inti Yeraí Montaña Vargas

Directora

Dra. Nallely Rivero Perez

Codirector

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

Asesores

Dr. Gabino Misael López Rodríguez

Dr. Armando Peláez Acero

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 23 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 **Inti Yeraí Montaña Vargas**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO COMÚN (*Origanum vulgare*) SOBRE *Haemonchus contortus* RESISTENTE A BENZIMIDAZOLES”**, 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	Dr. Armando Peláez Acero
SECRETARIO	Dr. Adrian Zaragoza Bastida
VOCAL 1	Dra. Nallely Rivero Perez
VOCAL 2	Dr. Gabino Misael López Rodríguez
SUPLENTE 1	Dra. Deyanira Ojeda Ramírez

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

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dra. Maricela Ayala Martínez
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@uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en especial al personal docente por brindarme sus conocimientos y guiarme para mi formación profesional como Médico Veterinario Zootecnista.

A mi familia, quienes me dieron su apoyo incondicional, amor, su confianza y la motivación para alcanzar mis metas y seguir adelante hasta en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis amigos, ya que gracias a ellos mi recorrido por la universidad fue más amena, me impulsaron a seguir todo el camino cuando quería rendirme.

A la Dra. Nallely Rivero Perez y al Dr. Adrian Zaragoza Bastida por su apoyo, tiempo y guiarme en la realización de mi tesis. Sus conocimientos fueron de gran ayuda para todo el proceso de esta investigación.

Y finalmente a todos aquellos que contribuyeron con mi investigación brindándome sus conocimientos desde sus diferentes áreas de trabajo, consejos y comentarios que ayudaron a enriquecer este trabajo.

DEDICATORIAS

A mis padres Cristina y Humberto, que con su amor, confianza y motivación me impulsaron a hacer realidad una de mis metas. Sin ellos esto no hubiera sido posible, me enseñaron a no rendirme y luchar por mis ideales. A mis hermanas Hazel y Ambar que nunca me han dejado sola y siempre me recuerdan la fortaleza y determinación que tengo. Todos ellos son mi motor y mi inspiración en la vida.

A Alejandra y Jabeth, que fueron mis compañeros y amigos toda la carrera universitaria y me brindaron su apoyo siempre, son el mejor equipo de trabajo que me pudo haber tocado.

A Andrés y mi tío Javier, por siempre preocuparse por mí, por mi futuro y no dejarme vencer por las adversidades.

Y finalmente, quiero dedicar mi trabajo de tesis a mis mascotas que fueron en gran parte el motivo por el que escogí la carrera de Veterinaria y así mismo a lo largo de la misma fueron un gran motor para no rendirme y terminar la carrera, aun cuando en varias ocasiones quise renunciar, los amo infinitamente: Elliot, Maya, Furby, Sam, Homero, Murci, Pana y Mau.

ÍNDICE GENERAL

I.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	iv
II.	ÍNDICE DE FIGURAS	v
III.	ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
IV.	RESUMEN	vii
V.	ABSTRACT	viii
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	3
2.1	Importancia de la producción ovina en México	3
2.2	Principales nematodos gastrointestinales	3
2.2.1	<i>Trichostrongylus colubriformis</i> y <i>Trichostrongylus axei</i>	4
2.2.2	<i>Teladorsagia circumcincta</i>	4
2.2.3	<i>Cooperia</i> spp	5
2.2.4	<i>Oesophagostomum</i> spp.....	5
2.2.5	<i>Trichuris ovis</i>	5
2.2.6	<i>Strongyloides papillosus</i>	6
2.2.7	<i>Bunostomum</i> spp	6
2.3	Impacto en la salud y producción animal	7
2.4	<i>Haemonchus contortus</i>	7
2.4.1	Morfología	8
2.4.2	Ciclo biológico	8
2.4.3	Patogenia	8
2.4.4	Signos clínicos.....	9
2.5	Tratamiento contra nematodos gastrointestinales	9
2.6	Avermectinas	9
2.6.1	Farmacodinámica	10
2.6.2	Farmacocinética	10
2.6.3	Espectro de actividad parasitaria	11

2.6.4	Resistencia antiparasitaria.....	11
2.6.5	Toxicidad.....	12
2.7	Benzimidazoles	12
2.7.1	Farmacodinámica	13
2.7.2	Farmacocinética	13
2.7.3	Espectro y resistencia.....	13
2.7.4	Efectos adversos.....	14
2.8	Alternativas de tratamiento contra nematodos gastrointestinales.....	14
2.8.1	Desparasitación selectiva	14
2.8.2	Suplementación nutricional.....	15
2.8.3	Selección genética	15
2.8.4	Inmunización.....	15
2.8.5	Agujas de óxido de cobre.....	16
2.8.6	Rotación de praderas.....	16
2.8.7	Uso de metabolitos secundarios de las plantas.....	16
2.9	Uso de aceites esenciales contra nematodos gastrointestinales	17
2.10	Orégano común (<i>Origanum vulgare</i>)	17
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
4.	JUSTIFICACIÓN.....	19
5.	OBJETIVOS	20
5.1	Objetivo general	20
5.2	Objetivos específicos.....	20
6.	HIPÓTESIS.....	21
7.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
7.1	Obtención del material biológico.....	22
7.2	Recuperación de huevos de HC.....	22
7.3	Prueba de inhibición de la eclosión de huevos de HC	22
7.4	Recuperación de larvas infectivas de HC	23
7.5	Evaluación larvicida.....	23

8. RESULTADOS	24
9. DISCUSIÓN	26
10. CONCLUSIÓN	29
11. REFERENCIAS	30
12. ANEXOS	40

I. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Significado
NGI	Nematodos Gastrointestinales
AE	Aceites esenciales
HC	<i>Haemonchus Contortus</i>
L1	Larvas de primer estadio
L2	Larvas de segundo estadio
L3	Larvas de tercer estadio infectiva
%IEH	Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos
%ML	Porcentaje de mortalidad larvaria

II. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de las avermectinas (Vázquez-Quintal, Rodríguez-Vivas & Muñoz-Rodríguez, 2022).	10
Figura 2. Núcleo químico central de los compuestos benzimidazoles (Botana et al., 2002).	12

III. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos de HC expuesto al aceite esencial de orégano común (<i>Origanum vulgare</i>).	37
Tabla 2 Porcentaje de mortalidad larvaria de HC expuestas al aceite esencial de orégano común (<i>Origanum vulgare</i>).	38

IV. RESUMEN

Las helmintiasis gastrointestinales son un problema que impacta a nivel económico y sanitario en los pequeños rumiantes reflejándose en una baja producción de carne, leche, disminución de peso, además genera anemia, diarrea e incluso la muerte en casos más graves. Debido al mal manejo de los antihelmínticos comerciales los nematodos gastrointestinales han desarrollado mecanismos de resistencia. Para contrarrestar este fenómeno se han buscado alternativas de control como rotación de potreros, uso de agujas de cobre, extractos y aceites esenciales de plantas que poseen actividades biológicas. Los aceites esenciales son concentrados, volátiles de plantas que poseen un conjunto de metabolitos monoterpénicos, moléculas que han reportado actividad antibacteriana, antiviral, antiprotozoaria y antihelmíntica, entre otras. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar *in vitro* el efecto del aceite esencial de orégano común como agente inhibidor de la eclosión y larvicida sobre *Haemonchus contortus* (HC). Los resultados mostraron que el aceite esencial de orégano común (*Origanum vulgare*) posee una actividad inhibiendo la eclosión a concentraciones de 21.5 mg/mL a 0.16 mg/mL del 100 al 94% respectivamente, así como una actividad larvicida a concentraciones de 21.5 mg/mL a 0.33 mg/mL del 99 al 96%, mostrando diferencias estadísticamente significativas. El uso del aceite esencial de orégano común puede ser una alternativa para el control de *Haemonchus contortus* en ovinos.

Palabras clave: aceite esencial; orégano común; *Haemonchus contortus*.

V. ABSTRACT

Gastrointestinal helminthiasis is a problem that impacts small ruminants economically and health-wise, resulting in low meat and milk production, weight loss, and anemia, diarrhea, and even death in more severe cases. Due to the poor management of commercial anthelmintics, gastrointestinal nematodes have developed resistance mechanisms. To counteract this phenomenon, alternative control methods have been sought, such as pasture rotation, the use of copper needles, and plant extracts and essential oils with biological activity. Essential oils are concentrated, volatile plant compounds that possess a set of monoterpene metabolites, molecules that have been reported to exhibit antibacterial, antiprotozoal, and anthelmintic activity, among others. Therefore, the objective of this study was to determine the in vitro effect of common oregano essential oil as a hatching inhibitor and larvicidal agent against *Haemonchus contortus* (HC). The results showed that common oregano (*Origanum vulgare*) essential oil has hatching inhibitory activity at concentrations of 21.5 mg/mL and 0.16 mg/mL ranging from 100% to 94%, respectively, and larvicidal activity at concentrations of 21.5 mg/mL and 0.33 mg/mL ranging from 99% to 96%, showing statistically significant differences. The use of common oregano essential oil may be an alternative for the control of *Haemonchus contortus* in sheep.

Keywords: essential oil; common oregano; *Haemonchus contortus*.

1. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura en México es una actividad de importancia económica para muchos estados del país, concentrando la mayor producción ovina en los Estados de la región centro; Estado de México, Hidalgo y Puebla. En los sistemas de producción ovina las parasitosis por nematodos gastrointestinales (NGI) son causa de grandes pérdidas económicas debido a daños como la muerte de los animales, reducción de la productividad de los animales, alteraciones reproductivas y los altos costos en los tratamientos de control (Bobadilla-Soto, Ochoa-Ambriz, & Perea-Peña, 2021).

Los nematodos gastrointestinales son un grupo de parásitos que son ingeridos durante el pastoreo afectando a diferentes órganos del tracto digestivo generando cuadros anémicos, diarreas, pérdida de peso y retraso del crecimiento de los corderos. Los NGI tienen una amplia distribución geográfica debido a su elevada prolificidad, adaptabilidad y resistencia a diversas condiciones climáticas (Roeber, Jex, & Gasser, 2013).

Los principales nematodos responsables de enfermedades en ovejas en pastoreo incluyen a *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* y *Trichostrongylus* spp, entre otras especies (Roeber, Jex, & Gasser, 2013). *Haemonchus contortus* (HC) es uno de los principales parásitos que infecta a los pequeños rumiantes, es un nematodo hematófago que se hospeda en el abomaso del animal (Emery, Hunt, & Jambre, 2016).

Las medidas de control a estas parasitosis se han basado en el uso extralimitado de antihelmínticos comerciales, representados en tres grupos químicos principales: los benzimidazoles, las lactonas macrocíclicas y los imidazotiazoles, lo que ha ocasionado resistencia a estos mismos mediante diferentes mecanismos genético-evolutivos (Roeber, Jex, & Gasser, 2013).

La resistencia antihelmíntica ha motivado la búsqueda de estrategias alternativas para el control de parásitos, más allá del uso de fármacos sintéticos. Entre estas, destaca el uso de aceites esenciales de plantas que contienen metabolitos secundarios con diferentes potenciales biológicos. Los aceites esenciales (AE) son extractos concentrados y volátiles de plantas que contienen metabolitos secundarios sintetizados a partir del estrés mecánico o por patógenos

como mecanismo de defensa. En la actualidad estos metabolitos son ampliamente aplicados en diferentes industrias como cosmética y farmacéutica debido a sus actividades biológicas (Štrbac *et al.*, 2022). Los aceites esenciales están conformados principalmente por terpenos, compuestos que han demostrado efectos antiparasitarios, antivirales, antibacterianos, antisépticos, anticancerígenos, antiespasmódicos, antifúngicos y antiinflamatorios (Rashid *et al.*, 2019; Štrbac *et al.*, 2022).

El orégano común (*Origanum vulgare*) es una planta perenne de la familia *Lamiaceae*. La cual contiene diferentes metabolitos, principalmente, carvacrol y timol, además de compuestos fenólicos (Arcila- Lozano *et al.*, 2004). Debido a lo antes mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar *in vitro* la actividad sobre la inhibición de la eclosión y larvicida del aceite esencial de orégano común (*Origanum vulgare*) sobre huevos de HC.

2. ANTECEDENTES

2.1 Importancia de la producción ovina en México

La producción pecuaria mantiene una gran importancia en el contexto socioeconómico del país y al igual que el resto del sector primario, han servido de base al desarrollo de la industria nacional (Góngora-Pérez *et al.*, 2010). La producción de carne ovina es la actividad productiva más diseminada en el medio rural; se realiza en la mayoría de las regiones ecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas (Góngora-Pérez *et al.*, 2010).

La producción nacional de carne de ovino alcanzó las 68,451 toneladas en 2023, marcando un incremento del 1.8% respecto al año anterior y superando el promedio de los últimos 10 años. La ovinocultura también es crucial para la obtención de lana, que se utiliza en la industria textil, y para la producción de leche, que se transforma en diversos productos lácteos (SADER, 2024).

Los principales estados productores son el Estado de México, Hidalgo y Veracruz (SADER, 2024). No obstante, la ganadería ovina está presente en todos los estados, contribuyendo a la seguridad alimentaria y diversificando la dieta de las comunidades rurales. En México la producción de carne ovino representa aproximadamente el 1% de la carne total producida.

Sin embargo, su importancia trasciende estos números, ya que proporciona proteínas esenciales y un ingreso estable a muchas familias (SADER, 2024). No obstante, la mala calidad de los pastos (Agnusdei, 2007), los elevados costos de los alimentos (Díaz-Sánchez *et al.*, 2018), las sequías e inundaciones y otros desastres derivados del cambio climático (Rojas-Downing *et al.*, 2017), junto con un grupo de parasitosis que amenazan la salud animal y la economía de los productores (Reyes Guerrero, Olmedo Juárez, & Mendoza de Gives, 2021).

2.2 Principales nematodos gastrointestinales

Los nematodos gastrointestinales (NGI) generan limitaciones en la salud y producción animal, ya que, estos parásitos, presentan características biológicas, como elevada prolificidad, adaptabilidad y resistencia a condiciones climáticas adversas, que favorecen su alta prevalencia (Zaragoza-Vera *et al.*, 2019).

Los principales NGI en pequeños rumiantes en México son: *Trichostrongylus colubriformis*, *T. axei*, *Teladorsagia (Ostertagia) circumcincta*, *Cooperia* spp, *Oesophagostomum*, *Trichuris ovis*, *Strongyloides papillosus*, *Bunostomum* spp y *Haemonchus contortus* (Reyes-Guerrero, Olmedo-Juárez, & Mendoza-de Gives, 2021).

2.2.1 *Trichostrongylus colubriformis* y *Trichostrongylus axei*

Son vermes filamentosos muy pequeños, de menos de 7mm de longitud (Bowman, 2011), son frecuentes en los rumiantes de pastoreo, aunque el cerdo, el caballo, los gatos y los pájaros también son hospedadores relevantes. El abomaso y el intestino delgado son las localizaciones habituales en los rumiantes (Bowman, 2004). Presentan un ciclo biológico directo, con una fase parasitaria sobre el hospedero (ovino) y otra no parasitaria, de vida libre en el medio ambiente (Pardo Cobas, 2007).

El género *Trichostrongylus* spp provoca engrosamiento de la mucosa del abomaso, delimitadas por una superficie finamente verrugosa, y en general una abomasitis (Pardo Cobas, 2007), y aunque las infecciones son frecuentemente asintomáticas, cuando estas son masivas (10.000 a 100.000 o más), estos parásitos son capaces de producir una diarrea acuosa prolongada y debilitante, especialmente en el ganado ovino, bovino, y caprino estresado o malnutrido. Al principio las heces son semisólidas, pero pronto se vuelven acuosas y de color verdoso oscuro (disentería negra), y manchan la lana de los cuartos traseros (Bowman, 2011).

2.2.2 *Teladorsagia circumcincta*

Es un parásito de ovejas y cabras, suelen medir menos de 14mm y son de color parduzco, con una cavidad bucal corta y amplia. Se localizan en el abomaso de los rumiantes (Bowman, 2011).

Las larvas infectantes del tercer estadio pasan el invierno en los pastos, infectando así a los rumiantes durante el pastoreo al principio de la temporada (Bowman, 2011).

En la mucosa del cuajar producen la formación de nódulos, tanto las larvas como los adultos son hematófagos y las infestaciones severas provocan diarrea, adelgazamiento, anemia y generalmente la muerte. La anemia se evidencia en el animal por la palidez de las mucosas y de la piel. La diarrea es de tipo acuosa y en algunos casos llega a ser crónica, en estos casos la muerte suele ser el resultado de esta nematodiasis (Pardo Cobas, 2007).

2.2.3 *Cooperia* spp

Son parásitos del intestino delgado (Bowman, 2011) y con menor frecuencia en el abomaso, son de color rojizo y en el extremo anterior tiene una vesícula cefálica muy característica (Cordero del campillo *et al.*, 2001). Su ciclo biológico es directo, las necesidades de los estadios de vida libre varían de acuerdo con las especies.

Así, por ejemplo, las de *C. oncophora* y *C. curticei* que se localizan en zonas templadas, son similares a las de *Ostertagia*; *C. punctata* y *C. pectinata* son más frecuentes en áreas cálidas y tienen necesidades similares a HC. En la fase parásita, las dos especies de zonas templadas se desarrollan en la superficie de la mucosa intestinal, mientras que las especies de áreas cálidas penetran en el epitelio. Los animales sufren de pérdida de apetito, escasa ganancia de peso y en *C. punctata* y *C. pectinata*, diarrea, grave pérdida de peso y edema submandibular (Urquhart *et al.*, 2001).

2.2.4 *Oesophagostomum* spp

Son responsables de enteritis en rumiantes y cerdos, se localizan en el ciego y en el colon. Las especies *O. columbianum.*, *O. venulosum.*, son específicos de ovinos y caprinos. En cuestión a su ciclo biológico, la fase pre parásita es típicamente estrongiloide y la infección se realiza por ingestión de L3, las cuales entran en la mucosa de cualquier porción del intestino delgado o grueso y en algunas especies dan lugar a la formación de nódulos en los que tiene lugar la muda a L4 (Urquhart *et al.*, 2001).

Se denominan vermes nodulares porque sus larvas parásitas tienden a encapsularse como consecuencia de una reacción inflamatoria, algo excesiva, por parte de un hospedador previamente sensibilizado. La inflamación aguda puede conducir a la enfermedad clínica caracterizada por diarrea fétida, que puede ser letal. Los nódulos posteriormente se caseifican y calcifican, y una afección grave puede interferir mecánicamente con la motilidad intestinal normal. Los signos clínicos en rumiantes y porcinos están asociados normalmente con estas reacciones a las fases larvarias en la pared intestinal (Bowman, 2011).

2.2.5 *Trichuris ovis*

Los adultos se encuentran habitualmente en el ciego, pero solo en ocasiones son lo suficientemente numerosos para producir manifestaciones clínicas (Urquhart *et al.*, 2001). Se

localiza en el ciego y colon de vacas, ovejas, cabras, alpacas, vicuñas, llamas y muchos rumiantes silvestres (Cordero del campillo *et al.*, 2001). En cuanto al ciclo biológico, el estadio infectante es la L1 dentro del huevo, que se desarrolla entre uno y dos meses después de ser eliminado con las heces (Urquhart *et al.*, 2001).

La mayoría de las infecciones son leves y asintomáticas, sin embargo, cuando existe un gran número de vermes, pueden producir inflamación diftérica de la mucosa cecal, debido a la localización subepitelial y los continuos movimientos del extremo anterior para buscar sangre y fluidos (Urquhart *et al.*, 2001). Los signos clínicos que se presentan son debilitamiento, ascitis, edemas en el cuello, diarrea profusa y pérdida de peso (Cordero del campillo *et al.*, 2001).

2.2.6 *Strongyloides papillosus*

Son parásitos del intestino delgado en animales muy jóvenes y, aunque son generalmente de poca significación patógena, en determinadas circunstancias pueden producir enteritis. Son vermes delgados, con forma capilar de menos de 1cm de longitud (Urquhart *et al.*, 2001). En cuestión al ciclo biológico, las hembras viven en la mucosa del intestino delgado, donde ponen huevos embrionados (Cordero del campillo *et al.*, 2001).

La penetración percutánea de larvas infectantes puede causar reacción eritematosa, que en las ovejas puede permitir la entrada de microorganismos que causan la “putrefacción de las patas”. Se encuentran parásitos maduros en el duodeno y yeyuno proximal y si están presentes en gran número pueden causar inflamación con edema y erosión del epitelio que produce enteritis catarral con alteración de la digestión y absorción. Los signos clínicos comunes que normalmente se observan solo en animales muy jóvenes, son diarrea, anorexia, pérdida de peso, mal aspecto o descenso de la tasa de crecimiento (Urquhart *et al.*, 2001).

2.2.7 *Bunostomum spp*

Es uno de los nematodos más grandes del intestino delgado de los rumiantes, con la característica forma de gancho en el extremo anterior. Su ciclo biológico es directo, la infección con L3 puede ser percutánea u oral, aunque sólo en la primera se produce migración pulmonar (Cordero del campillo *et al.*, 2001; Urquhart *et al.*, 2001). Los vermes son hematófagos, la patogenia está marcada por la extracción de sangre que realizan preadultos y adultos, fijados a la mucosa entérica. La parasitosis se caracteriza por anemia, hipoproteinemia,

hipocolesterinemia y edemas, además de un cuadro diarreico intermitente (Urquhart *et al.*, 2001; Cordero del campillo *et al.*, 2001).

2.3 Impacto en la salud y producción animal

Las parasitosis en ovinos representan uno de los principales problemas sanitarios a nivel mundial, afectando de manera directa a los animales jóvenes, limitando su crecimiento y en adultos su productividad (Váradyová *et al.*, 2018).

Las nematodosis es una enfermedad multi etiológica ocasionada por varios nematodos gastrointestinales de varias especies y géneros (Soca *et al.*, 2005), pudiendo ubicarse en los diversos segmentos del tracto digestivo de los rumiantes (Zapata *et al.*, 2016), en pequeños rumiantes son causantes de importantes repercusiones económicas reflejadas en una disminución del potencial productivo de los animales (Mavrot, Hertzberg, & Torgerson, 2015) y en los costos incurridos en el tratamiento y control (Tramboo *et al.*, 2015), reduciendo su rentabilidad (Márquez, 2003), ya que, estos parásitos, presentan características biológicas, como elevada prolificidad, adaptabilidad y resistencia a condiciones climáticas adversas, que favorecen su alta prevalencia (Zaragoza-Vera *et al.*, 2019).

Estas infecciones tienen efectos directos sobre la ganancia de peso, el desarrollo corporal, el comportamiento reproductivo y la producción de leche, así como efectos indirectos tales como la subutilización del recurso forrajero y la predisposición a enfermedades (Soca *et al.*, 2005). El nematodo HC ha sido considerado como el de mayor prevalencia mundial y uno de los principales causantes de pérdidas económicas en la producción ovina (López *et al.*, 2013).

2.4 *Haemonchus contortus*

Haemonchus contortus es considerado uno de los nematodos de mayor patogenicidad en rebaños ovinos y caprinos debido a sus hábitos de hematofagia y a su alta prolificidad. La enfermedad causada por este nematodo es conocida como “hemoncosis” (Selemon, 2018). Las larvas y los adultos perforan o dañan la mucosa estomacal y succionan sangre de los vasos sanguíneos adyacentes, lo que causa inflamación (gastritis) y ulceración de la pared estomacal (Márquez Lara, 2014).

2.4.1 Morfología

Posee un diente o lanceta en su cavidad oral, poco desarrollada, para perforar la mucosa gástrica y succionar sangre. La sangre ingerida le confiere al helminto una coloración rojiza; las hembras se asemejan a una trenza bicolor o a un poste de barbero, presentando ovarios blanquecinos enrollados alrededor del intestino rojizo. Presentan dos papilas laterales cervicales en el extremo anterior, y los helmintos machos muestran una bolsa copuladora bien desarrollada, caracterizada por un lóbulo dorsal asimétrico; presentan espinas cerca del extremo distal de ambas espículas. Las hembras generalmente presentan bolsas vulvares. Los machos miden en promedio 1.31 mm y las hembras 1.85 mm. Las hembras son extremadamente prolíficas (5000 huevos/día/hembra) y los huevos (70-45 μm de diámetro), de tipo estróngilo, se excretan al ambiente en fase de mórula (8-16 células) en las heces del huésped infectado (Angulo-Cubillán *et al.*, 2007).

2.4.2 Ciclo biológico

Es directo, las hembras son ovíparas y al excretar los huevos al medio ambiente, las L1 eclosionan y pueden evolucionar hasta L3 en unos cinco días, pero con temperaturas bajas, su desarrollo puede retrasarse durante semanas o meses. Tras su ingestión, y su posterior desenvaine en el rumen, las larvas mudan dos veces en las proximidades de las criptas gástricas. Justo antes de la última muda, las larvas desarrollan una aguda lanceta que las capacita para obtener sangre de las heridas que provocan en la mucosa. Los adultos se mueven libremente por la superficie de la mucosa. El periodo de prepatencia es de 2-3 semanas en pequeños rumiantes (Urquhart *et al.*, 2001).

2.4.3 Patogenia

Diversos factores intervienen en la patogénesis de la hemoncosis. En cuanto al desarrollo de la enfermedad, los más importantes son la virulencia del parásito y la respuesta del hospedador. Los principales mecanismos patogénicos de HC son la lesión directa en la mucosa del abomaso y la hematofagia. Los efectos de los mecanismos patogénicos durante el desarrollo intrahospedero del parásito y la subsiguiente respuesta de los pequeños rumiantes infectados provocan cambios morfofuncionales, especialmente en el abomaso. Asimismo, se observan variaciones en algunos parámetros sanguíneos, lo que provoca la aparición de síndromes anémicos y de digestión-absorción alterada. Los parásitos adultos de HC pueden ingerir 0,05 ml de sangre/helminto/día, lo que causa una pérdida de sangre considerable y una reducción del

hematocrito (VHC). De hecho, este parámetro se ha utilizado como marcador de la virulencia parasitaria y como estimación indirecta de la carga parasitaria en la hemoncosis (Angulo-Cubillán *et al.*, 2007). Los efectos patogénicos de HC se deben a la incapacidad del hospedador de compensar la pérdida de sangre (Bowman, 2011).

2.4.4 Signos clínicos

En casos agudos, se caracteriza por anemia, letargia, melena, caída de la lana, (Urquhart *et al.*, 2001), pérdidas de peso, falta de apetito, disminución de la condición corporal, emaciación, edemas de regiones bajas del cuerpo, susceptibilidad a otras enfermedades y la muerte en animales jóvenes (Selemon, 2018).

Los casos hiperagudos, se caracterizan por una alta carga de infección, que conduce a una anemia grave y abomasitis hemorrágica. La muerte de los animales afectados puede ocurrir de repente, sin signos iniciales, mientras que los animales que sobreviven sufren de anemia grave. Los animales infectados se debilitan gradualmente, debido a la pérdida grave de sangre, y con el tiempo, no están dispuestos a moverse. Durante el pastoreo, pueden colapsar y morir (Arsenopoulos *et al.*, 2021). Por otro lado, la hemoncosis crónica está asociada con pérdida progresiva de peso y debilidad, sin embargo, no suele haber anemia grave ni edemas manifiestos (Urquhart *et al.*, 2001).

2.5 Tratamiento contra nematodos gastrointestinales

Tradicionalmente se han utilizado fármacos antihelmínticos para el tratamiento y prevención de la nematodosis en pequeños rumiantes (Carvalho *et al.*, 2019). Existen varios antihelmínticos con diferentes mecanismos de acción, aunque las avermectinas y los benzimidazoles son los grupos de antihelmínticos más comúnmente usados en rumiantes (Martin & Robertson, 2000; Mbarria *et al.*, 1998).

2.6 Avermectinas

Poseen actividad sobre endoparásitos y ectoparásitos, recibiendo la denominación de fármacos endectocidas, lo cual define la combinación de sus efectos nematicida, insecticida y acaricida. Los fármacos endectocidas pertenecen a dos grandes familias según sea el actinomiceto de cuya fermentación provienen: avermectinas y milbemicinas (Botana López, Landoni, & Jiménez, 2002).

La compleja estructura química de estos fármacos corresponde a un anillo macrocíclico de 16 miembros similar a la de los antibióticos macrólidos (pero sin efecto antibacteriano), unido a un grupo benzofurano, a un anillo espiroacetal y un grupo disacárido o monosacárido (Figura 1) (Vázquez-Quintal, Rodríguez-Vivas & Muñoz-Rodríguez, 2022). Son moléculas de gran tamaño con peso molecular de 800kDa. Las avermectinas (AVM) clásicas, abamectina (ABM), ivermectina (IVM), doramectina (DRM), y las más nuevas, eprinomectina y selamectina, derivan de la fermentación del actinomiceto *Streptomyces avermitilis* (Botana *et al.*, 2002).

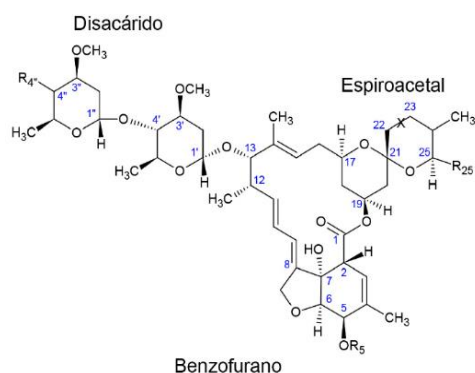


Figura 1. Estructura química de las avermectinas (Vázquez-Quintal, Rodríguez-Vivas & Muñoz-Rodríguez, 2022).

2.6.1 Farmacodinámica

Producen un efecto antiparasitario, al unirse selectivamente y con gran afinidad al receptor de glutamato en los invertebrados, permitiendo la apertura del canal iónico de cloro, con la resultante hiperpolarización y parálisis de la musculatura faríngea y somática de los parásitos y la subsiguiente muerte o expulsión del parásito (Rubio & Boggio, 2009; Botana *et al.*, 2002).

2.6.2 Farmacocinética

Las propiedades farmacocinéticas varían con el tipo de lactona, el preparado farmacéutico, la vía de administración y la especie animal donde será utilizada. La ivermectina es la de mayor difusión y utilización en las diferentes especies de animales en todo el mundo; por lo tanto, es la molécula que más se ha estudiado con respecto a sus características farmacodinámicas y farmacocinéticas (Rubio & Boggio, 2009; Botana *et al.*, 2002).

El comportamiento farmacocinético de estas moléculas difiere del resto de los fármacos antiparasitarios, por la prolongada permanencia de concentraciones detectables en los diferentes

tejidos del animal tratado tras la administración por diferentes vías (Botana *et al.*, 2002). En cuanto a la vía de administración, la biodisponibilidad es pobre tras la administración oral, en rumiantes reduce el uso clínico de esta vía al tratamiento de parasitosis gastrointestinales en estas especies. Para el resto de los procesos sistémicos o de ectoparasitosis, la vía de elección es la subcutánea, con la que se consiguen concentraciones plasmáticas más elevadas y mantenidas en el tiempo (Rubio & Boggio, 2009).

Una vez que los fármacos se absorben desde el espacio subcutáneo y alcanzan la circulación sistémica, la lipofilia de cada compuesto va a ser determinante de la distribución de este hacia los diferentes tejidos, incluidos los órganos donde se encuentran los parásitos diana. La OVM, DRM y la MXD son fármacos muy liposolubles, lo que se relaciona con una extensa distribución por los diferentes tejidos del organismo (Botana *et al.*, 2002).

Son eliminados en concentraciones elevadas por la bilis y la materia fecal, principalmente como compuesto madre sin metabolizar, excretándose por esta vía más del 90% de la dosis administrada. Otra vía de excreción es a través de la glándula mamaria cuando se administran a animales en lactación (Botana *et al.*, 2002).

2.6.3 Espectro de actividad parasitaria

Poseen un amplio espectro de acción sobre parásitos internos (nematodos) y externos (artrópodos) en todas las especies de animales domésticos. En ovinos, los fármacos endectocidas tienen una elevada eficacia antiparasitaria contra NGI y pulmonares. *Nematodirus battus* y *Cooperia curticei* son los géneros que limitan las dosis (Botana *et al.*, 2002).

2.6.4 Resistencia antiparasitaria

Se han reportado casos de resistencia a endectocidas principalmente en nematodos de ovinos y caprinos, y más reciente en bovinos. Estudios *in vitro* han aportado indicios de que la resistencia contra IVM podría estar basada en dos mecanismos: a) la mutación en alguna de las subunidades del canal de cloro ligado a glutamato, que participa en el mecanismo de acción de estos fármacos; y b) un aumento en la expresión de la proteína transportadora de membrana glucoproteína P en el parásito resistente, la cual terminaría expulsando al fármaco hacia el exterior del citosol y así dificultando la obtención de concentraciones adecuadas en el sitio de acción (receptor de glutamato) (Botana *et al.*, 2002).

2.6.5 Toxicidad

No suelen afectar negativamente a los mamíferos, debido a la presencia de una glucoproteína G en la barrera hematoencefálica que actúa como bomba “extractora” de este tipo de sustancias de las células del sistema nervioso central (Rubio & Boggio, 2009), sin embargo puede ocurrir toxicidad aguda y los signos son similares en las diferentes especies de mamíferos los cuales se atribuyen a acciones sobre el sistema nervioso central; ataxia, temblores, midriasis y abatimiento seguido de muerte son los más comunes tras la intoxicación aguda (Botana *et al.*, 2002).

2.7 Benzimidazoles

Son sustancias cristalinas estables y con alto punto de fusión (223-304°); además son relativamente insolubles en agua, benceno y éter, pero muy solubles en alcohol y disolventes no polares. El núcleo químico de los benzimidazoles (BZD) comprende un sistema de dos anillos (bicíclicos), en el cual un grupo benceno se fusiona en las posiciones 4 y 5 del anillo imidazol (heterocíclico) (figura 2) (Botana *et al.*, 2002). Los benzimidazoles con mayor actividad antihelmíntica se denominan benzimidazoles carbamatos (Sumano-López & Ocampo-Camberos, 2006).

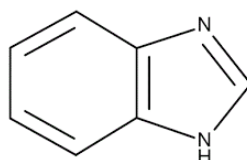


Figura 2. Núcleo químico central de los compuestos benzimidazoles (Botana *et al.*, 2002).

Tienen además actividad como antimicóticos, antineoplásicos, cardiotónicos y analgésicos (Sumano-López & Ocampo-Camberos, 2006). Los BZD más importantes responden a la siguiente clasificación farmacológica:

- Benzimidazoles tiazoles: Tiabendazol y cambendazol
- Benzimidazoles metilcarbamatos: Mebendazol, oxibendazol, albendazol, albendazol sulfóxido, fenbendazol y oxfendazol
- Benzimidazoles halogenados: triclabendazol
- Probenzoimidazoles: Tiofanato, febantel y netobimina (Botana *et al.*, 2002).

2.7.1 Farmacodinámica

Los helmintos obtienen energía por la ingestión de hidratos de carbono (glucosa). Éstos participan en un proceso de fermentación anaerobia, cuyos productos finales son ácidos grasos orgánicos y alcoholes. Dicha energía es consumida por el parásito para desarrollar sus funciones de motilidad y reproducción (Botana *et al.*, 2002).

Los BZD actúan en el citoesqueleto a nivel de la proteína tubulina β , evitando su polimerización a microtúbulos, bloquean el paso de glucosa desde el intestino del parásito a su sistema general, provocando un déficit energético e inhiben la reductasa de fumarato, limitando la utilización de la glucosa ya presente en el parásito (Sumano López & Ocampo Camberos, 2006).

2.7.2 Farmacocinética

El grado de absorción depende del fármaco, formulación comercial, vía de administración y grado de infección del hospedero, pero se sabe que los benzimidazoles tienen baja solubilidad en agua, lo que limita su absorción por vía gástrica y por tanto su distribución (Sumano López & Ocampo Camberos, 2006).

Después de la administración, los compuestos BZD llegarán al sitio donde se ubica el parásito diana en concentraciones variables, en función del tejido donde se localizan. Aun llegando al tejido o fluido donde está el parásito, todavía el fármaco tiene que penetrar al interior de este y reconocer su receptor. La afinidad del BZD por el receptor, la actividad del fármaco y el número de receptores serán los que finalmente determinen la magnitud del efecto farmacológico que se obtenga (Botana *et al.*, 2002).

Las principales vías metabólicas para los BZD son las de sulfoxidación, hidroxilación, acetilación y reducción, pero pueden seguir otras vías (Sumano-López & Ocampo-Camberos, 2006).

2.7.3 Espectro y resistencia

Los BZD son antiparasitarios con amplio espectro y margen de seguridad. Se caracterizan por su efecto específico contra nematodos, sobre todo los localizados en el tubo gastrointestinal, pero algunos pueden actuar contra cestodos y trematodos, tanto en la fase larvaria como en la de huevo. Se ha demostrado que cuando los BZD se unen poco a la tubulina de algunos parásitos

como *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* y *Ostertagia circumcincta*, ocurre resistencia (Sumano-López & Ocampo-Camberos, 2006).

2.7.4 Efectos adversos

Todos los BZD son bien tolerados por los animales domésticos y el hombre, aun cuando se administren en dosis terapéuticas a individuos jóvenes o animales enfermos y debilitados. Ocasionalmente se presenta anorexia, vómito, mareo, anemia normocrómica, diarrea y prurito. (Sumano López & Ocampo Camberos, 2006; Botana *et al.*, 2002).

2.8 Alternativas de tratamiento contra nematodos gastrointestinales

Debido al problema derivado de la resistencia a fármacos comerciales ocasionados por un mal manejo en los tratamientos se ha estado buscando métodos alternativos de control (Aguilar *et al.*, 2011), dentro de este abanico de estrategias se puede mencionar el uso racional de antihelmínticos (desparasitación selectiva), la suplementación nutricional, la selección genética, la inmunización, el uso de agujas de óxido de cobre, la rotación de praderas y el uso de extractos de plantas con actividad biológica (Torres-Fajardo & Higuera-Piedrahita, 2021; Athanasiadou & Kyriazakis, 2004)

2.8.1 Desparasitación selectiva

Se basa en una estrategia donde se selecciona a los animales que requieren ser desparasitados, dejando una parte del rebaño sin desparasitar para reducir la presión de selección de NGI resistentes a los antihelmínticos (Reyna-Fuentes *et al.*, 2023).

La elección de ovejas a desparasitar se realiza eligiendo a las ovejas por la cantidad de huevos por gramo de heces (>1000 HPG) que es la mejor estrategia, pero requiere de microscopio y personal capacitado. Otros métodos más sencillos y que se usan simultáneamente es elegir a las ovejas flacas por medio de su condición corporal (< 2) o con la mucosa ocular pálida (técnica FAMACHA© 4 o 5) (Soto-Barrientos *et al.*, 2018). Estas metodologías han sido probadas exitosamente en granjas de diferentes estados de México, incluyendo estados de mucha humedad como Campeche, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán (Medina-Pérez *et al.*, 2015).

2.8.2 Suplementación nutricional

Estudios recientes han demostrado que el incremento en el suministro de proteína puede reducir el parasitismo por nematodos, afectando el desarrollo y establecimiento de los parásitos y también influyendo en la magnitud de sus efectos patogénicos (Luna-Palomera *et al.*, 2010).

Gasbarre y Miller (2000) sugieren que la incorporación en la dieta de proteínas de alto valor biológico puede influir en la resistencia o tolerancia del hospedero a la infección parasitaria, mejorando el grado de expresión de la respuesta inmune en estas fases. De manera similar, otros estudios han demostrado que la suplementación con alta densidad energética puede mejorar tanto la resiliencia como la resistencia en corderos (Luna-Palomera *et al.*, 2010).

2.8.3 Selección genética

La mejora genética para la resistencia a las enfermedades presenta beneficios importantes a los sistemas de producción ovina sostenibles a largo plazo (Sandoval *et al.*, 2023).

Para realizar una selección de animales (SA) con un fenotipo de resistencia en una población, es necesario la evaluación y medición de diversos estándares relacionados con parámetros parasitológicos, inmunológicos y de patogenicidad, dentro de las cuales están la determinación del hpg, condición corporal, porcentaje de hematocrito, la concentración de anticuerpos (IgA, IgE), el grado de eosinofilia en sangre, entre otros.

La SA con fenotipo de resistencia puede dar la pauta para mejorar la resistencia de la progenie en programas de crianza; ya que, al obtenerse una descendencia de animales resistentes, estos presentan menos nematodos adultos y por ende una menor eliminación de huevos al suelo y una menor contaminación del pasto por L3. Al disminuir las parasitosis en el rebaño se espera una mejora en la producción ganadera y una menor dependencia del uso de antihelmínticos (Reyes-Guerrero, 2022).

2.8.4 Inmunización

Según Urquhart *et al.* (2001) es posible que en el futuro el control de muchas enfermedades parasitarias repose en el uso de vacunas basadas en compuestos de antígenos recombinantes, siendo indudable que su éxito comercial dependerá no solamente de su eficacia protectora, sino también de su costo, duración de protección y del sistema de distribución.

2.8.5 Agujas de óxido de cobre

Son un producto diseñado para suplementar cobre a rumiantes (Meza Villalvazo *et al.*, 2019). Estas agujas se colocan dentro de cápsulas que se disuelven en el tracto de los animales (esófago) liberando las pequeñas agujas que llegan a rumen y abomaso. En abomaso se colocan en los pliegues de este órgano y se oxidan. Este óxido de cobre mata a los parásitos presentes y evita que otros se establezcan al menos por 28 días (Galindo-Barboza *et al.*, 2012). Este método puede ser una oportunidad para aquellas granjas donde existan parásitos resistentes a las 3 clases de antihelmínticos comerciales. Sin embargo, se deben usar solo una vez al año y de manera selectiva ya que el cobre puede acumularse en el hígado e intoxicar a los animales en caso de que se use de manera repetitiva (Meza Villalvazo *et al.*, 2019).

2.8.6 Rotación de praderas

Consiste en la división del pastizal en pequeñas parcelas en las cuales los ovinos son introducidos por períodos no superiores a los cuatro días, antes de ser desplazados al siguiente potrero y así sucesivamente; los animales son regresados al primer potrero después de 30 días aproximadamente, de manera de impedir la autoinfección e incrementar el rendimiento del pastizal. La subdivisión de los potreros puede hacerse bien sea mediante el uso de cercas eléctricas movibles o en forma tradicional empleando materiales de bajo costo. Este sistema permite una drástica reducción en la frecuencia de tratamientos requeridos, los cuales pueden hasta ser eliminados (Barger *et al.*, 1994). Desafortunadamente esta práctica de manejo de pastizal tiende a ser eliminada no por no ser eficaz sino porque los criadores consideran que es más fácil el uso de antihelmínticos (Waller, 1998).

2.8.7 Uso de metabolitos secundarios de las plantas

El uso de plantas forrajeras las cuales aparte de ofrecer beneficios por su calidad nutricional, poseen acción antihelmíntica; la cual se ha relacionado con la presencia de metabolitos secundarios, entre los que destacan: lectinas, terpenos, alcaloides, saponinas, antraquinonas, flavonoides y taninos (Oliveira *et al.*, 2017); siendo estos últimos los que se han asociado principalmente en las funciones vitales de los nematodos (Medina *et al.*, 2014). Se ha reportado que éstos tienen la capacidad de unirse a las proteínas estructurales (Son-de Fernex *et al.*, 2016) y dependiendo de dónde y cómo se unen a las estructuras del nematodo, pueden inhibir la eclosión de los huevos, el desarrollo, motilidad y desenvaine larvario (Hoste *et al.*, 2012; Son-

de Fernex *et al.* 2016). Los metabolitos secundarios podrían usarse como materiales fitoterapéuticos o suministrarse como nutracéuticos (Molan *et al.*, 2000).

2.9 Uso de aceites esenciales contra nematodos gastrointestinales

En el control de los nematodos gastrointestinales se ha propuesto la herbolaria como alternativa, de acuerdo con el análisis de los compuestos en diferentes plantas, los terpenos, alcaloides, saponinas, antraquinonas y los taninos son los que intervienen en funciones vitales de los nematodos afectando la movilidad, la nutrición y, posiblemente, la reproducción (Medina Pérez, Guevara Hernández, La O, & Ojeda Robertos, 2014).

Los AE contienen mezclas de metabolitos vegetales secundarios volátiles e hidrofóbicos de bajo peso molecular. Por lo general, se extraen de las plantas mediante destilación al vapor y, raramente, mediante prensado en frío. Químicamente, son mezclas de hasta cientos de metabolitos vegetales diferentes e incluyen alcoholes aromáticos, ácidos, ésteres, fenólicos, cetonas, aldehídos e hidrocarburos (Bakkali, Averbeck & Idaomar, 2008).

Los metabolitos secundarios tienen actividades antihelmínticas, su naturaleza lipofílica les permite atravesar las membranas de los parásitos, así como la barrera hematoencefálica, abriendo posibilidades para combatir la segunda etapa de varias de estas infecciones (Coutinho Luna *et al.*, 2019).

2.10 Orégano común (*Origanum vulgare*)

Dentro de las plantas con propiedades terapéuticas que se utilizan en fitoterapia (terapia complementaria que utiliza plantas o partes de ellas con fines terapéuticos) se encuentra el orégano común (*Origanum vulgare*). Esta planta pertenece a la familia de las Lamiaceae o Labiadas (Hoffmann, Farga, Lastra, & Veghazi, 1992).

El aceite esencial de orégano común (*Origanum vulgare*) tiene como componentes mayoritarios el timol, carvacrol, pineno, cymol, alfa thuyona, selineno, dipenteno, alfa terpineno; ácidos polifenólicos: ácido rosmarínico, cafeico, ursólico, clorogénico; flavonoides: apigenol, luteolol, kaempferol, diosmetol y taninos, principios amargos (Kalra, 1988). Los fenoles monoterpénicos como el timol y el carvacrol poseen actividad antimicrobiana debido a su naturaleza ácida del grupo hidroxilo, que forma un puente de hidrógeno con un centro enzimático activo (García L, Martínez R, Ortega S, & Castro B, 2010).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción ovina es un pilar fundamental en la ganadería, que aparte de contribuir al suministro de carne y leche, es una actividad de gran importancia económica en México, y el Estado de Hidalgo, segundo productor a nivel nacional y principal proveedor de carne ovina para la Ciudad de México, sin embargo, como otras especies enfrenta problemas de salud relacionados con la presencia de nematodos gastrointestinales (NGI), los cuales en años recientes han desarrollado mecanismos de resistencia a tratamientos convencionales, por lo que, la identificación de nuevas moléculas con potencial antihelmíntico es un tema imperante en la práctica de la Medicina Veterinaria y Zootecnia, con la finalidad de favorecer el bienestar, salud y producción animal.

4. JUSTIFICACIÓN

El control tradicional de las parasitosis por NGI ha dependido, en gran medida del uso de antihelmínticos comerciales que, aunque son efectivos a corto plazo, han llevado al fenómeno de resistencia antihelmíntica. Esto es un problema ya que ha ido disminuyendo la eficacia de los tratamientos disponibles, provocando pérdidas económicas significativas debido a la mortalidad de los animales, disminución de su productividad, problemas reproductivos y un elevado costo de los tratamientos convencionales.

Debido a lo mencionado anteriormente, se ha generado la necesidad de explorar alternativas para el manejo de estos parásitos. En este contexto, el uso de aceites esenciales derivados de plantas, como el de orégano común (*Origanum vulgare*) contra HC, ha sido destacado gracias a sus propiedades biológicas como la antihelmíntica.

La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de desarrollar alternativas más seguras, naturales y sostenibles frente a los tratamientos comerciales basados en fármacos químicos, con el fin de reducir las pérdidas económicas que todo esto genera.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la actividad antihelmíntica del aceite esencial de orégano común (*Origanum vulgare*) sobre *Haemonchus contortus* resistente a benzimidazoles *in vitro*, para proponerlo como alternativa al uso de antihelmínticos comerciales.

5.2 Objetivos específicos

1. Determinar el efecto del aceite esencial de orégano común sobre la inhibición de la eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* resistente a benzimidazoles *in vitro*.
2. Evaluar el efecto del aceite esencial de orégano común sobre la mortalidad de larvas de *Haemonchus contortus* resistente a benzimidazoles *in vitro*.

6. HIPÓTESIS

El aceite esencial de orégano común causará inhibición de la eclosión y mortalidad larvaria de una cepa monoespecífica de *Haemonchus contortus* resistente a benzimidazoles.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Obtención del material biológico

Para obtener los huevos de HC se utilizaron heces tomadas directamente del recto de un ovino donador previamente infectado con una cepa monoespecífica de HC resistente a benzimidazoles. Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Bacteriología del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, donde se realizó la identificación de HC por la técnica de flotación y la cuantificación de huevos por gramo de heces (HPG) mediante la técnica de Mc Master.

7.2 Recuperación de huevos de HC

Se lavaron 50 gramos de heces con agua destilada y posteriormente se filtraron a través de tamices de 150, 75 y 37 μm . El material retenido en el tamiz de 37 μm se lavó con 6 mL de solución salina saturada y centrifugado a 3,000 rpm/ 3 min con agua destilada, después se descartó el sobrenadante. Se centrifugó con una solución salina saturada para que los huevos flotarán. Para obtener huevos libres de materia orgánica estos se aislaron en tubos nuevos y se mezclaron con agua destilada y finalmente las soluciones obtenidas se centrifugaron dos veces más y se lavaron en 3 ocasiones con agua destilada hasta obtener una solución de huevo limpio para el montaje del bioensayo (Von Son-de Fernex *et al.*, 2015; Štrbac *et al.*, 2022).

7.3 Prueba de inhibición de la eclosión de huevos de HC

El ensayo se llevó a cabo utilizando placas de 96 pozos en los cuales se agregaron aproximadamente de 150 a 200 huevos de HC en 50 μL de agua destilada. Esto fue seguido por la adición de 50 μL del aceite de orégano común en diferentes concentraciones (21.5, 10.7, 5.3, 2.6, 1.3, 0.67, 0.33 y 0.16 mg/mL respectivamente) para obtener un volumen final de 100 μL . Para el bioensayo, se incluyeron dos controles positivos: ivermectina (5mg/mL) y tiabendazol (0.1 mg/mL) y como control negativo se utilizó agua destilada. Posteriormente la placa se incubó a 30°C durante 48 h en una cámara de humedad constante.

Después de la incubación se cuantificó el número de huevos sin eclosionar y larvas L1 por pocillo mediante la lectura de 10 alícuotas en una laminilla bajo un microscopio óptico. Finalmente, se calculó el porcentaje de inhibición de la eclosión (PIE) mediante la siguiente

fórmula: $\% \text{ EHI} = [(\text{número de huevos}) / (\text{número de larvas} + \text{número de huevos})] * 100$ (Olmedo-Juárez *et al.*, 2022; Bizimenyera *et al.*, 2006).

7.4 Recuperación de larvas infectivas de HC

Se prepararon cultivos fecales mezclando heces con fracciones de poliestireno en recipientes de plástico. Los cultivos fecales se cubrieron con papel de aluminio y se incubaron durante 7 días a temperatura ambiente (24-32 °C). Después de este período, las larvas infectivas se extrajeron de la materia fecal mediante la técnica de Baermann. Las larvas se limpiaron mediante gradiente de densidad (solución salina saturada), agregando 6-7 mL respectivamente y se centrifugó a 3,000 rpm por 3 minutos formándose así el anillo de larvas que enseguida se colocó en otro tubo con agua destilada y se volvió a centrifugar. Este proceso se repitió una vez más con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de residuos cloruro de sodio.

Posteriormente las larvas se desenvainaron con hipoclorito de sodio al 3% en un tubo Falcón, se homogeneizó con ayuda de una pipeta pasteur durante un minuto. Finalmente, las larvas desenvainadas se ajustaron a una cantidad de 150 a 200 larvas en 50 µL las cuales se utilizaron para el ensayo de mortalidad larvaria (Rivero-Perez *et al.*, 2019; Olmedo-Juárez *et al.*, 2022).

7.5 Evaluación larvícida

En una placa de 96 pozos se colocaron 50 µL de la solución de larvas previamente ajustada y 50 µL del aceite esencial de *Origanum vulgare* 21.5, 10.7, 5.3, 2.6, 1.3, 0.67, 0.33 y 0.16 mg/mL para completar un volumen total de 100 µL. Para el bioensayo, se incluyeron dos controles positivos: ivermectina (5 mg/mL) y tiabendazol (1 mg/mL) y como control negativo se utilizó agua destilada. La placa se incubó a 30° C en una cámara de humedad constante durante 48 h. Se tomaron alícuotas de diez microlitros de cada pocillo para el recuento de larvas vivas o muertas y se observó al microscopio. El porcentaje de mortalidad se calculó con la siguiente fórmula: $\% \text{ Mortalidad} = [(\text{número de larvas muertas}) / (\text{número de larvas vivas} + \text{número de larvas muertas})] * 100$ (Olmedo-Juárez *et al.*, 2022).

8. RESULTADOS

La evaluación del aceite esencial de orégano común sobre una cepa monoespecífica de *Haemonchus contortus* permitió evidenciar su actividad inhibiendo la eclosión de huevos como se observa en la tabla 1, el AEOC, en las concentraciones de 21.50, 10.70, 5.30, 2.50, 1.30, 0.67, 0.33 y 0.16 mg/mL, obtuvieron los %IEH de 100, 100, 99, 98.29, 98.23, 97.23, 97.18 y 96.8 %, respectivamente, donde las concentraciones de 21.5, 10.7, 5.30, 2.6 y 1.30 mg/mL no presentaron diferencias estadísticamente significativamente con el control positivo de ivermectina (100 %), sin embargo, con respecto a las demás concentraciones si hubo diferencias estadísticamente significativas, evidenciando un comportamiento concentración-dependiente, donde a menor concentración del AE, menor el %IEH.

Tabla 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos de HC expuesto al aceite esencial de orégano común (*Origanum vulgare*).

Tratamiento	Concentración mg/mL	%IEH±DE
Ivermectina	5	100 ^a
Tiabendazol	0.1	94.61 ^c
AEOC	21.5	100 ^a
AEOC	10.7	100 ^a
AEOC	5.3	99.00 ± 0.74 ^a
AEOC	2.6	98.29 ± 1.19 ^a
AEOC	1.3	98.23 ± 1.20 ^a
AEOC	0.6	97.23 ± 1.90 ^b
AEOC	0.3	97.18 ± 0.51 ^b
AEOC	0.16	96.81 ± 1.49 ^{bc}
Agua	0	3.91 ^d
Valor de P		0.0001

a, b, c, d, e Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia estadística significativas, AEOC: Aceite esencial de orégano común, DE: Desviación estándar.

Como se observa en la tabla 2, el AEOC, presenta actividad larvicida sobre L3 de *Haemonchus contortus*, en las concentraciones de 21.50, 10.70, 5.30, 2.50, 0.67, 0.33 y 0.16 mg/mL los cuales obtuvieron los %ML de 99.39, 99.12, 98.57, 97.15, 96.49, 96.44, 96.35 y 93.38 %, donde no hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto al control positivo ivermectina (100 %) al igual que con las diferentes concentraciones, sin embargo con respecto al control positivo de tiabendazol (7.84 %) sí presentó diferencias estadísticamente significativas, teniendo una mejor actividad el AEOC.

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad larvaria de HC expuestas al aceite esencial de orégano común (*Origanum vulgare*).

Tratamiento	Concentración mg/mL	%ML±DE
Ivermectina	5	100 ^a
Tiabendazol	0.1	7.84 ^b
AEOC	21.5	99.39±1.20 ^a
AEOC	10.7	99.12±1.75 ^a
AEOC	5.3	98.57± 2.86 ^a
AEOC	2.6	97.15 ± 2.35 ^a
AEOC	1.3	96.49± 4.07 ^a
AEOC	0.67	96.44± 2.40 ^a
AEOC	0.33	96.35± 4.92 ^a
AEOC	0.16	93.38± 8.24 ^a
Agua	0	1.04 ^b
Valor de P		0.0001

a, b Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia estadística significativas, AEOC: Aceite esencial de orégano común, DE: Desviación estándar.

9. DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinó que el aceite esencial de orégano común presenta potente actividad tanto inhibiendo la eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* así como, provocando la mortalidad larvaria de este mismo nematodo, respecto a la inhibición de la eclosión Lopes *et al.*, (2014) analizaron la actividad ovicida del AE de *Piper aduncum* contra HC mostrando resultados en donde con la concentración más alta, 12 mg/mL obtuvo un 95% de %IEH y con la concentración más baja a 1.5 mg/mL un 37.2%, en comparación con el presente estudio, donde el AE de orégano común mostró un 100 %IEH desde la concentración más altas (21.5 mg/mL) hasta 10.70 mg/mL, destacando una mejor actividad a concentraciones más bajas del tratamiento, atribuyéndole dicha bioactividad a los diferentes metabolitos secundarios presentes en los diferentes géneros y especies de plantas.

Por otro lado, Dias de Castro *et al.*, (2013) analizaron la actividad ovicida del AE de orégano común *in vitro* sobre diferentes nematodos gastrointestinales con diferentes extractos hidroalcohólicos a concentraciones de 0.6 a 80 mg/mL y se demostró que el orégano común tiene una actividad ovicida sobre nematodos gastrointestinales de rumiantes del 80%, en comparación con el presente estudio, donde a menores concentraciones del AEOC se obtuvo un mayor %IEH, destacando que se utilizó una cepa monoespecífica que ya presenta resistencia a benzimidazoles. De acuerdo con André *et al.*, (2018) sugiere que la acción de este aceite se relaciona con cambios en la membrana del huevo de los parásitos que puede afectar la viabilidad, lo que sugiere el efecto sobre la inhibición de la eclosión de huevo.

Referente a la actividad larvicida Zhu *et al.*, (2013) evaluaron el AE de *Artemisia lancea* sobre HC evidenciando que a 10 mg/mL se obtuvo un 93.6% de ML y con la concentración más baja a 0.63 mg/mL obtuvo un 25.8%, mientras que en el presente estudio el AEOC no presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a ivermectina en todas las concentraciones del AEOC (21.5 a 0.16 mg/mL) con porcentajes de mortalidad que van del 100 al 96.81%. En un estudio realizado por Štrbac *et al.*, (2022) se analizó la composición del AE de orégano común y mostraron que el compuesto más abundante fue el carvacrol con un 76.21%, sugiriendo que está relacionado con el efecto antihelmíntico que el AE brinda, y de acuerdo con André *et al.*, (2016) quienes analizaron los efectos del carvacrol sobre nematodos

gastrointestinales de ovejas y ratones, demostraron que el carvacrol fue eficaz contra diferentes estadios larvarios de HC sugiriendo que se debe a los cambios cuticulares y una posible neurotoxicidad, interfiriendo en la permeabilidad de la cutícula y la motilidad dificultando el mantenimiento de la homeostasis de los parásitos.

Por otro lado, Betancourt *et al.*, (2012) analizaron la composición del AE de orégano común y mostraron que el compuesto encontrado en mayor cantidad fue el timol con un 21.51% y asimismo Acevedo *et al.*, (2013) analizaron la composición química del orégano común e identificaron que el compuesto mayoritario fue el timol con 67.51%. En un estudio realizado por Ferreira *et al.*, (2016) se analizó el efecto del timol como antiparasitario, demostraron que resultó eficaz contra los tres estadios larvarios principales de HC, con un 100% de inhibición de la eclosión de huevos y de acuerdo con André *et al.*, (2017) sugiere que el timol causa cambios cuticulares en los tegumentos de los nematodos adultos y genera cambios en la permeabilidad de la cáscara del huevo mediante la unión de las lipoproteínas de las membranas de la cáscara o inhibe la activación de las enzimas de eclosión de los huevos.

En función de lo anterior es importante mencionar que los compuestos del AE de orégano común suelen variar debido a una gran diversidad de factores como condiciones de suelo, plagas, temporada de cosecha, ubicación geográfica y condiciones climáticas y de crecimiento, así como el método de secado del orégano, la técnica de extracción y la parte anatómica de la planta utilizada para la extracción también influyen en el rendimiento y la composición del AE (Leyva-López *et al.*, 2017).

Los monoterpenos destacan como los compuestos bioactivos más relevantes en la investigación científica de los aceites esenciales, y de acuerdo con Youssefi *et al.*, (2019) quienes realizaron un estudio en donde analizaron el potencial del timol y el carvacrol como herramientas para controlar el vector del virus del Nilo Occidental *Culex pipiens* (*Cx. Pipiens*), demostraron que el carvacrol mostró una gran toxicidad contra los huevos y larvas de *Cx. Pipiens* a concentraciones de 50mg/L, provocando una inhibición completa de la eclosión de huevos y un 92% en mortalidad larvaria; en otro estudio realizado por Gong *et al.*, (2020) en el que evaluaron la actividad larvicida y ovicida del AE de orégano común y sus componentes principales contra el gusano cogollero del algodón, *Helicoverpa armigera*, mostraron que el carvacrol fue el compuesto predominante con un 78.35% así como una fuerte actividad larvicida contra L3 de

81.7% con una concentración de 100 µg/mL y una potente actividad ovicida de 88.4% a una concentración de 100 µg/mL.

Abouhosseini Tabari *et al.*, (2017) realizaron un estudio sobre los efectos ovicidas, larvicidas y repelentes de monoterpenos seleccionados tales como el timol, carvacrol y el linalol contra *Ixodes ricinus*, una garrapata que infesta al ganado y los resultados obtenidos fueron que el carvacrol y el timol redujeron significativamente la eclosión de huevos de *I. ricinus* en todas las concentraciones (0.25, 0.5, 1, 2 y 5%) del mismo modo que tuvieron un 100% de mortalidad larvaria a concentraciones de 1, 2 y 5%.

Respecto al presente estudio, la actividad antihelmíntica del aceite esencial orégano común se puede atribuir a los metabolitos secundarios mayoritarios presentes como el carvacrol, timol y linalol, los cuales interfieren en el desarrollo de una diversidad de organismos potencialmente patógenos como se describió anteriormente, siendo así el AEOC una posible alternativa de control y/o tratamiento de este tipo de microorganismos.

10. CONCLUSIÓN

El aceite esencial de orégano común (*Origanum vulgare*) presenta efecto inhibiendo la eclosión de huevos y provocando mortalidad larvaria de *Haemonchus contortus*, resistente a benzimidazoles, por lo que podría considerarse como una alternativa para el control de Hemoncosis en pequeños rumiantes, sin embargo, es necesario realizar pruebas de citotoxicidad y posteriormente desafíos en modelos *in vivo*.

11.REFERENCIAS

1. Abouhosseini Tabari, M., Youssefi, M. R., Maggi, F., & Benelli, G. (2017). Toxic and repellent activity of selected monoterpenoids (thymol, carvacrol and linalool) against the castor bean tick, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology*, 245, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.08.012>
2. Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). *Información tecnológica*, 24(4), 43–48. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000400005>
3. Agnusdei, M. G. (2007). Calidad nutritiva del forraje. *Agromercado Temático*, Bs. As. (136), 11-17. Recuperado de Sitio Argentino de Producción Animal.
4. Aguilar Caballero, A., Torres Acosta, F., Cámara Sarmiento, R., & Sandoval Castro, C. A. (2011). El control de los nematodos gastrointestinales en caprinos: ¿dónde estamos? *Bioagrociencias*, 4(2), 10-16.
5. Andre, W. P. P., Ribeiro, W. L. C., Cavalcante, G. S., dos Santos, J. M. L., Macedo, I. T. F., de Paula, H. C. B., de Freitas, R. M., de Moraes, S. M., de Melo, J. V., & Bevilaqua, C. M. L. (2016). Comparative efficacy and toxic effects of carvacryl acetate and carvacrol on sheep gastrointestinal nematodes and mice. *Veterinary Parasitology*, 218(15), 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.01.001>
6. André, W.P.P., Ribeiro, W.L.C., de Oliveira, L.M.B., Macedo, I.T.F., Rondon, F.C.R & Bevilaqua, C.M.L. (2018). Essential oils and their bioactive compounds in the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Acta Sci. Vet.* 46, 1522
7. Angulo-Cubillán, F. J., García-Coiradas, L., Cuquerella, M., de la Fuente, C., & Alunda, J. M. (2007). *Haemonchus contortus*–Sheep relationship: A review. *Revista Científica*, 16(6), 577-587. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-22592007000600005&script=sci_arttext

8. Arcila-Lozano, C. C., Loarca-Piña, G., Lecona-Urbe, S., & González de Mejía, E. (2004). El orégano: Propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 100-111.
9. Arsenopoulos, K. V., Fthenakis, G. C., Katsarou, E. I., & Papadopoulos, E. (2021). A challenging parasitic infection of sheep and goats. *Animals*, 11(2), 363. <https://doi.org/10.3390/ani11020363>
10. Athanasiadou S, I Kyriazakis. (2004). Plant secondary metabolites: antiparasitic effects and their role in ruminant production systems. *Proceedings of the Nutrition Society* 63(4), 631-639.
11. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Efectos biológicos de los aceites esenciales: una revisión. *Food Chem. Toxicol*, 46(2), 446-475. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
12. Barger, I., Siale, K., Banks, & D., Lejambre, F. (1994). Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment. *Veterinary Parasitology*, 53, 109- 116.
13. Betancourt, L., Phandanauvong, V., Patiño, R., Ariza-Nieto, C., & Afanador-Téllez, G. (2012). Composition and bactericidal activity against beneficial and pathogenic bacteria of oregano essential oils from four chemotypes of *Origanum* and *Lippia* genus. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 59(1), 21–31.
14. Bizimenyera, E. S., Githiori, J. B., Eloff, J. N., & Swan, G. E. (2006). In vitro activity of *Peltophorum africanum* Sond. (Fabaceae) extracts on the egg hatching and larval development of the parasitic nematode *Trichostrongylus colubriformis*. *Veterinary Parasitology*, 142(3–4), 336–343. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.07.005>
15. Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F., & Perea-Peña, M. (2019). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 963-982. doi: <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>
16. Botana López, L., Landoni, F., & Jiménez, T. M. (2002). *Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. España: McGraw Hill Interamericana.

17. Bowman, D. D. (2004). *Parasitología para veterinarios*. España: Elsevier.
18. Bowman, D. D. (2011). *Parasitología para veterinarios* (2ªed.). España: Elsevier.
19. Carvalho, C. O., Chagas, A. C., Cotinguiba, F., Furlan, M., Brito, L. G., Chaves, F. C., Amarante, A. F. (2012). The anthelmintic effect of plant extracts on *Haemonchus contortus* and *Strongyloides venezuelensis*. *Veterinary Parasitology*, 183(3-4), 260-268. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.07.051
20. Cordero del Campillo, M., Rojo Vázquez, F. A., Martínez Fernández, A. R., Sánchez Acedo, C., Hernández Rodríguez, S., Navarrete López-Cozar, I., Carvalho Varela, M. (2001). *Parasitología Veterinaria*. España: McGraw-Hill.
21. Coutinho Luna, E., Silva Luna, I., Scotti, L., Monteiro, A. F., Scotti, M. T., Olimpio de Moura, R., . . . Bezerra Mendonça Junior, F. J. (2019). Active essential oils and their components in use against neglected diseases and arboviruses. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019(1), 1-17. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/6587150>
22. De Castro, L. L. D., Madrid, I. M., Aguiar, C. L. G., De Castro, L. M., Cleff, M. B., Berne, M. E. A., & Leite, F. P. L. (2013). Potencial ovicida de *Hanum vulgare* (Lamiaceae) em nematódeos gastrintestinais de bovinos. *Ciência Animal Brasileira*, 14(4), 508–513. <https://doi.org/10.5216/cab.v14i4.22080>
23. Díaz-Sánchez, C. C., Jaramillo-Villanueva, J. L., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., Delgado-Alvarado, A., Hernández-Mendo, O., & Casiano-Ventura, M. Á. (2018). Evaluación de la rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de ovinos en la región de Libres, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(2), 273-277.
24. Emery, D. L., Hunt, P. W., & Le Jambre, L. F. (2016). *Haemonchus contortus*: the then and now, and where to from here? *International Journal for Parasitology*, 46(12), 755-769. doi: 10.1016/j.ijpara.2016.07.001
25. Ferreira, L. E., Benincasa, B. I., Fachin, A. L., Francia, S. C., Contini, S. S. H. T., Chagas, A. C. S., & O'Beleboni, R. (2016). *Thymus vulgaris* L. essential oil and its main

- component thymol: Anthelmintic effects against *Haemonchus contortus* from sheep. *Veterinary Parasitology*, 228(15), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.08.011>
26. Galindo-Barboza, A.J., Torres-Acosta, J.F.J., Cámara-Sarmiento, R., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar- Caballero, A.J., Ojeda-Robertos, N.F., Reyes-Ramírez, R., España-España, E. (2011). Persistence of the efficacy of copper oxide wire particles against *Haemonchus contortus* in sheep. *Veterinary Parasitology*, 176, 201–20.
 27. García L, C., Martínez R, A., Ortega S, J. L., & Castro B, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9(2), 86-96.
 28. Gasbarre, L. C., & Miller, J. E. (2000). Genetics of helminth resistance. En Axford, R. E. F., Bishop, S. C., Nicholas, F. W., & Owen, J. B. (Eds.), *Breeding for Disease Resistance in Farm Animals* (2ª ed., pp. 129–152). CAB International.
 29. Gong, X., & Ren, Y. (2020). Larvicidal and ovicidal activity of carvacrol, p-cymene, and γ -terpinene from *Origanum vulgare* essential oil against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 18708–18716. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08391-2>
 30. Góngora-Pérez, R. D., Góngora-González, S. F., Magaña-Magaña, M. Á., & Lara y Lara, P. E. (2010). Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 131-144.
 31. Hoffmann, A., Farga, C., Lastra, J., & Veghazi, E. (1992). *Plantas Medicinales de Uso Común en Chile* (2ª ed.). Santiago de Chile: Fundación Claudio Gay.
 32. Hoste H, Martínez-Ortiz-De-Montellano C, Manolaraki F, Brunet S, Ojeda-Robertos N, Fourquaux I, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA. (2012). Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Veterinary Parasitology*. 186 (1-2):18-27. ISSN: 0304-4017. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.11.042>
 33. Kalra, Y. P. (1988). *Handbook of reference methods for plant analysis*. USA: CRC Press.

34. Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Vázquez-Olivo, G., & Heredia, J. B. (2017). Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. *Molecules*, 22(6), 989. <https://doi.org/10.3390/molecules22060989>
35. Lopes Oliveira, G., Vieira, T. M., Nunes, V. F., Oliveira Ruas, M., Robson Duarte, E., Lima Moreira, D., Coelho Kaplan, M. A & Ronie Martins, E. 2014. Chemical composition and efficacy in the egg-hatching inhibition of essential oil of *Piper aduncum* against *Haemonchus contortus* from sheep. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 24(3), 288-292. doi: 10.1016/j.bjp.2014.07.004
36. López Ruvalcaba, O. A., González Garduño, R., Osorio Arce, M. M., Aranda Ibañez, E., & Díaz Rivera, P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 223-234.
37. Luna-Palomera, C., Santamaría-Mayo, E., Berúmen-Alatorre, A. C., Gómez-Vázquez, A., & Maldonado-García, N. M. (2010). Suplementación energética y proteica en el control de nematodos gastrointestinales en corderas de pelo. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(7), 1-13.
38. Márquez, D. (2003). Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control. *Revista CORPOICA* 4(1): 55-71
39. Márquez Lara, D. (2014). Control sostenible de los nematodos gastrointestinales en rumiantes. Bogotá: Carvajal Soluciones de Comunicación.
40. Martin, R. J., & Robertson, A. P. (2000). Electrophysiological investigation of anthelmintic. *Parasitology*, 120, 87-94. doi:10.1017/s0031182099005715
41. Mavrot, F., Hertzberg, H., & Torgerson, P. (2015). Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasites & Vectors*, 8(1), 557.
42. Mbarria, J., Maitho, T., Mitema, E., & Muchuri, D. (1998). Comparative efficacy of pyrethrums with albendazole against sheep gastrointestinal nematodes. *Tropical Animal Health and Production*, 30, 17-22.

43. Medina Pérez, P., Guevara Hernández, F., La O, M. A., & Ojeda Robertos, N. F. (2014). Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nemátodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 257-263.
44. Medina-Pérez, P., Ojeda-Robertos, N.F., Reyes-García, M.E., Cámara-Sarmiento, R., TorresAcosta, J.F.J. (2015). Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Ruminant Research*. 127, 86–91.
45. Meza Villalvazo, V. M., Chay Canul, A. J., Ramírez Seañez, A. R., Palacios Torres, R. E., Valenzuela Jiménez, N., Alcántar Vázquez, J. P., & Kiro Cruz, M. T. (2019). *Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado*. México: Universidad de Papaloapan.
46. Molan, A. L., Waghorn, G. C., Min, B. R., & McNabb, W. C. (2000). The effect of condensed tannins from seven herbages on *Trichostrongylus colubriformis* larval migration in vitro. *Folia Parasitologica*, 47(1), 39–44. <https://doi.org/10.14411/fp.2000.007>
47. Oliveira FA, Costa JML, Lima SA, Silva RC, Ribeiro NSM, Mesquista WCJ, Rocha QC, Tangerina MPM, Villegas W. (2017). Anthelmintic activity of plant extracts from *Brazilian savanna*. *Veterinary Parasitology*. 236:121-127. ISSN: 0304-4017. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.02.005>
48. Olmedo-Juárez, A., Delgado-Núñez, E. J., Bahena-Vicencio, A., Villa-Mancera, A., Zamilpa, A., González-Cortazar, M., Mendoza de Gives, P. (2022). In Vitro Nematocidal Properties from Two Extracts: *Lippia graveolens* Leaves and *Delonix regia* Flowers Against and Infective Larvae of *Haemonchus contortus*. *Journal of Medicinal Food*, 25(3), 329-337. doi:10.1089/jmf.2021.0066
49. Pardo Cobas, E. (2007). *Parasitología Veterinaria II*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
50. Paz Pinheiro André, W., Cavalcante, G. S., Ribeiro, W. L. C., Dos Santos, J. M. L., Macedo, I. T. F., de Paula, H. C. B., de Moraes, S. M., de Melo, J. V., & Bevilaqua, C. M. L. (2017). Anthelmintic effect of thymol and thymol acetate on sheep gastrointestinal

- nematodes and their toxicity in mice. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 26(3), 323–330. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612017056>
51. Rashid Fayaz, M., Zahid Abbas, R., Abbas, A., Kasib Khan, M., Asif Raza, M., Israr, M., ud Din Sindhu, Z. (2019). Potential of botanical driven essential oils against *Haemonchus contortus*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas Medicinales y Aromáticas*, 18(6), 533-543.
 52. 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(3), 186-204.
 53. Reyna-Fuentes, J. H., Zapata-Campos, C. C., Torres-Acosta, J. F. de J., Salinas-Chavira, J., & Cruz-Bacab, L. E. (2023). Desparasitación selectiva dirigida de ovinos Dorper en una granja del centro de Tamaulipas, México. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 1(1). <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i1.8>
 54. Rivero-Perez, N., Jaramillo Colmenero, A., Peláez-Acero, A., Rivas-Jacobo, M., Ballesteros-Rodea, G., & Zaragoza-Bastida, A. (2019). Actividad antihelmíntica de la vaina de *Leucaena leucocephala* sobre nematodos gastrointestinales de ovinos (*in vitro*). *Abanico Veterinario*, 9. doi:10.21929/abavet2019.95
 55. Roeber F, Jex, A. R., & Gasser, R. B. (2013). Advances in the diagnosis of key gastrointestinal nematode infections of livestock with an emphasis on small ruminants. *Biotechnology advances*, 31(8), 1135-1152. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.01.008
 56. Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi Pouyan, A., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163. doi: 10.1016/j.crm.2017.02.001
 57. Rubio, R. M., & Boggio, J. C. (2009). *Farmacología Veterinaria* (2ª ed.). España: Universidad Complutense de Madrid.
 58. Sandoval, C.; Sales, F.; Muñoz, P.; Piñeira, J. 2023. Resistencia a antihelmínticos en ovinos de Magallanes: aproximación al escenario regional y estrategias de control. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N°480, 80pp.

59. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2024). Detrás de la Ovinocultura: Una Mirada a la Crianza de Ovejas en México. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/detras-de-la-ovinocultura-una-mirada-a-la-crianza-de-ovejas-en-mexico>
60. Selemon, M. (2018). Review on Control of *Haemonchus contortus* in Sheep and Goat. *Veterinary Medicine and Research*, 5(5), 1139. doi: <https://doi.org/10.47739/2378-931X/1139>
61. Soca M, Roque E, Soca M. (2005). Epizootiología de los nematodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes. *Pastos y Forrajes* 28: 175-185.
62. Son-De Fernex EV, Alonso DMA, Mendoza GP, Valles MB, Zamilpa A, González CM. (2016). Ovicidal activity of extracts from four plant species against the cattle nematode *Cooperia punctata*. *Veterinaria México OA*. 3(2):1-14. ISSN: 2448-6760. <https://doi.org/10.21753/vmoa.3.2.365>
63. Soto-Barrientos, N., Chan-Pérez, J.I., España-España, E., Novelo-Chi, L.K., Palma-Ávila, I., Ceballos-Mendoza, A.C., Sarabia-Hernández, J.A., Santos-Ricalde, R.H., Cámara Sarmiento, R., Torres-Acosta, J.F.J. (2018). Comparing body condition score and FAMACHA© to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Rumin. Res.* 167, 92-99.
64. Štrbac, F., Bosco, A., Pusic, I., Stojanovic, Dragica, Simin, N., Ratajac, R. (2022). The Use of Essential Oils Against Sheep Gastrointestinal Nematodes. *International Journal of Veterinary Science*, 1, 86-94.
65. Štrbac, F., Krnjajić, S., Maurelli, M. P., Stojanović, D., Simin, N., Orčić, D., Ratajac, R., Petrović, K., Knežević, G., Cringoli, G., Rinaldi, L., & Bosque, A. (2022). A potential anthelmintic phytopharmacological source of *Origanum vulgare* (L.) essential oil against gastrointestinal nematodes of sheep. *Animals*, 13(1), 45. <https://doi.org/10.3390/ani13010045>
66. Sumano López, H., & Ocampo Camberos, L. (2006). *Farmacología Veterinaria*. México: McGraw Hill Interamericana.

67. Torres-Fajardo, R. A., & Higuera-Piedrahita, R. I. (2021). Actividad antihelmíntica in vivo de terpenos y aceites esenciales en pequeños rumiantes. *Revista MVZ Córdoba*, 26(3). doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.2317>
68. Tramboo, S. R., Shahardar, R. A., Allaie, I. M., & Bushra, M. S. (2015). Prevalence of gastrointestinal helminth infections in ovine population of Kashmir Valley. *Veterinary World*, 8(10), 1199-1204. doi: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.1199-1204>
69. Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., Dunn, A. M., & Jennings, F. W. (2001). *Parasitología veterinaria*. España: Acribia.
70. Váradyová, Z., Pisarčíková, J., Babjak, M., Hodges, A., Mravčáková, D., Kišidayová, S., Várady, M. (2018). Ovicidal and larvicidal activity of extracts from medicinal-plants against *Haemonchus contortus*. *Experimental Parasitology*, 195, 71-77. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2018.10.009>
71. Vázquez-Quintal, P. E., Rodríguez-Vivas, R. I., & Muñoz-Rodríguez, D. (2022). Métodos analíticos para determinar lactonas macrocíclicas en diferentes tipos de matrices. una revisión. *Química Nova*, 45(2), 178-193. doi: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170818>
72. Vélez, A., Espinosa, J. A., De la Cruz, L., Rangel, J., Espinoza, I., & Barba, C. (2016). Caracterización de la producción de ovino de carne del estado de Hidalgo, México. *Archivos de Zootecnia*, 65(251), 425-428.
73. Von Son-De Fernex E, Alonso-Díaz MA, Mendoza-de Gives P, Valles-de la Mora B, González-Cortazar M, Zamilpa A, Castillo-Gallegos E. 2015. Elucidation of *Leucaena leucocephala* anthelmintic-like phytochemicals and the ultrastructural damage generated to eggs of *Cooperia* spp. *Veterinary Parasitology*, 214:89-95. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.10.005>
74. Waller, P. J. (1998). Sustainable helminth control of ruminants in developing countries. In *Proceedings of the International Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology* (pp. 195–207).

75. Youssefi, M. R., Abouhosseini Tabari, M., Esfandiari, A., Kazemi, S., Moghadamnia, A. A., Sut, S., Dall'Acqua, S., Benelli, G., & Maggi, F. (2019). Efficacy of two monoterpenoids, carvacrol and thymol, and their combinations against eggs and larvae of the West Nile vector *Culex pipiens*. *Molecules*, 24(10), 1867. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules24101867>
76. Zapata Salas, R., Velásquez Vélez, R., Herrera Ospina, L. V., Ríos Osorio, L., & Polanco Echeverry, D. N. (2016). Prevalencia de Nematodos Gastrointestinales en Sistemas de Producción Ovina y Caprina bajo Confinamiento, Semiconfinamiento y Pastoreo en Municipios de Antioquia, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(2), 344-354. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i2.11647>
77. Zaragoza-Vera, C. V., Aguilar Caballero, A. J., González-Garduño, R., Arjona Jiménez, G., Zaragoza-Vera, M., Torres-Acosta, J. F., Berumen-Alatorre, A. C. (2019). Variation in phenotypic resistance to gastrointestinal nematodes in hair sheep in the humid tropics of Mexico. *Parasitology Research*, 118(2), 567-573. doi:10.1007/s00436-018-06201-w
78. Zhu, L., Dai, J. L., Yang, L., & Qiu, J. (2013). In vitro ovicidal and larvicidal activity of the essential oil of *Artemisia lancea* against *Haemonchus contortus* (Strongylida). *Veterinary Parasitology*, 195(1–2), 112–117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.12.050>

12. ANEXOS



Universidad Autónoma del Estado de México Centro Universitario UAEM Temascaltepec Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Otorga la presente CONSTANCIA

a:

Inti Yeraí Montaña-Vargas, Gabino Misael López-Rodríguez, Adrián Zaragoza-Bastida, Armando Peláez Acero, Agustín Olmedo Juárez, Nallely Rivero-Pérez

Por su participación como **ponente**, con el trabajo: ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO COMÚN (*Origanum vulgare* L.) COMO INHIBIDOR DE LA ECLOSIÓN DE HUEVOS DE *Haemonchus contortus*, en el marco del "3er Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias y Producción Animal"

"Patria, Ciencia y Trabajo"

Temascaltepec de González, Estado de México a 27 de octubre del 2023

M. en TIC. Hugo López Benítez
Director del CU-UAEM Temascaltepec
DIRECCIÓN
TEMASCALTEPEC

M. en CARN. Sherzada Esparza Jiménez
Coordinadora LIAZ. CU UAEM Temascaltepec
DEPARTAMENTO ACADÉMICO
LIC. INGENIERO AGRÓNOMO
ZOOTECNISTA

Dr. Rolando Rojo Rubio
Presidente del Congreso