



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
CENTRO UNIVERSITARIO AMECAMECA  
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

---

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA RESISTENCIA  
ANTHELMÍNTICA AL CLOSANTEL EN OVINOS DEL MUNICIPIO DE  
AYAPANGO, ESTADO DE MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A:  
MAGDALENA SALGADO SALINAS**

**ASESOR  
DR. JUAN JOSÉ OJEDA CARRASCO**

**CO-ASESORA  
DRA. VIRGINIA GUADLUPE GARCÍA  
RUBIO**

**AMECAMECA DE JUÁREZ, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2025**

### iii. RESUMEN

En el Municipio de Ayapango, Estado de México, la ovinocultura representa una actividad basada en el aprovechamiento de pastos naturales y esquilmos agrícolas. El pastoreo que se realiza en los agostaderos naturales, representa una de las principales causas para el desarrollo de parasitosis, que se traducen en pérdidas para el productor por las afectaciones en el potencial productivo y reproductivo de los animales parasitados. Aunque el uso de antihelmínticos ha sido la herramienta más eficaz utilizada para su control; su uso continuo y sin el debido control ha ocasionado que los parásitos desarrollen resistencia, poniendo en riesgo el control de los parásitos en el rebaño. El objetivo de la presente investigación fue diagnosticar la situación de la resistencia antihelmíntica del Closantel en nematodos gastrointestinales de ovinos en un sistema extensivo de producción en el Municipio de Ayapango, Estado de México. El estudio fue realizado durante el mes de abril (época de secas). Para el estudio en campo, fueron integrados dos grupos, cada uno con 10 ovinos seleccionados de forma aleatoria. En el Día 0 (inicio del tratamiento), al Grupo Control (GI) le fue administrado un placebo por vía oral, y al Grupo Tratado (GII) el antihelmíntico (Closantel) a una dosis de 10 mg/kg PC, vía oral. Tanto al inicio como al final del tratamiento (Día 14) fueron colectadas heces directamente del recto de los animales, a partir de las cuales se realizó el conteo del número de huevos (HPG) de NGI, por medio de la técnica coproparasitoscópica cuantitativa de McMaster. Para determinar el porcentaje de eficacia se emplearon dos métodos: El primero, mediante la diferencia entre el HPG de término e inicio de GII; el segundo, a través del cálculo del porcentaje de reducción del conteo de huevos (PRCH) empleando los valores tanto de GI como de GII. Para el diagnóstico de la resistencia antihelmíntica, fueron atendidas las recomendaciones de la WAAVP. La carga parasitaria promedio fue de 3617 HPG, representando una infestación grave. A los 14 días post-tratamiento, el conteo de GI aumentó en 166.94%. La eficacia estimada por el primer método fue de 70.86% y por el segundo de 89.15%, lo que representa una eficacia moderada del fármaco. En cuanto al diagnóstico de resistencia antihelmíntica, el PRCFH= 89.15% y el Lim\_inf 95%= 31.48%, menores a 95% y 90% respectivamente, llevan a la conclusión de que los

parásitos de los ovinos integrados al estudio presentan resistencia antihelmíntica al Closantel.

**Palabras clave:** Carga parasitaria, Closantel, Diagnóstico de resistencia antihelmíntica, Eficacia nematicida, Ovinos.

#### **iv. ABSTRACT**

In the Municipality of Ayapango, State of Mexico, sheep farming represents an activity based on the use of natural pastures and agricultural waste. The grazing that takes place in natural rangelands represents one of the main causes for the development of parasitosis, which translates into losses for the producer due to the effects on the productive and reproductive potential of the parasitized animals. Although the use of anthelmintics has been the most effective tool used for its control; its continuous use and without proper control has caused parasites to develop resistance, putting parasite control in the herd at risk. The objective of this research was to diagnose the situation of Closantel anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of sheep in an extensive production system in the Municipality of Ayapango, State of Mexico. The study carried out during the month of April (dry season). For the field study, two groups integrated, each with 10 randomly selected sheep. On Day 0 (beginning of treatment), the Control Group (GI) was administered an oral placebo, and the Treated Group (GII) was administered the anthelmintic (Closantel) at a dose of 10 mg/kg BW, orally. Both at the beginning and at the end of treatment (Day 14), feces were collected directly from the rectum of the animals, from which the number of eggs (HPG) of GIN counted, using the McMaster quantitative coproparasitoscopic technique. To determine the percentage of effectiveness, two methods used: the first, through the difference between the HPG at the end and beginning of GII; the second, through the calculation of the percentage reduction in egg count (PRCH) using the values of both GI and GII. For the diagnosis of anthelmintic resistance, the WAAVP recommendations followed. The average parasite load was 3617 HPG, representing a severe infestation. At 14 days post-treatment, the GI count increased by 166.94%. The estimated efficacy by the first method was 70.86% and by the second was 89.15%, which represents a moderate efficacy of the drug. Regarding the diagnosis of anthelmintic resistance, the PRCFH= 89.15% and the  $\text{Lim\_inf } 95\% = 31.48\%$ , less than 95% and 90% respectively, lead to the conclusion that the sheep parasites included in the study present anthelmintic resistance to Closantel.

**Keywords: Parasite load, Closantel, Diagnosis of anthelmintic resistance, Nematicidal efficacy, Sheep.**

## v. ÍNDICES

### ÍNDICE GENERAL

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1 Situación de la producción ovina.....   | 4         |
| 2.2 Problemáticas de la ovinocultura .....  | 6         |
| 2.3 Nematodos gastrointestinales (NGI) .....  | 7         |
| 2.4 Tipos de control de los nematodos gastrointestinales.....                           | 10        |
| 2.4.1 Control físico .....  | 10        |
| 2.4.2 Control biológico .....   | 11        |
| 2.4.3 Uso de animales resistentes .....   | 11        |
| 2.4.4 Control químico, antihelmínticos (AH).....  | 12        |
| 2.5 Resistencia Antihelmíntica (RAH) .....  | 13        |
| 2.5.1 Rotación del principio activo del AH.....   | 14        |
| 2.5.2 Desparasitación selectiva .....   | 15        |
| 2.5.3 Criterios para realizar la desparasitación selectiva .....                        | 15        |
| 2.5.4 Uso de la prueba FAMACHA y la condición corporal.....                             | 16        |
| 2.6 Situación de resistencia a antihelmínticos en México y en el Estado de México ..... | 19        |
| 2.6.1 Situación de la resistencia antihelmíntica en el Estado de México .....           | 21        |
| <b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>4. HIPÓTESIS .....</b>   | <b>27</b> |
| <b>5. OBJETIVOS.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>6. MATERIALES Y MÉTODO .....</b>   | <b>29</b> |
| 6.1 Localización .....  | 29        |
| 6.2 Manejo de los Animales .....  | 29        |
| 6.3 Selección de animales para prueba de campo .....                                    | 29        |
| 6.4 Determinación de la resistencia antihelmíntica (RAH) y eficacia del Closantel.....  | 30        |
| <b>7. RESULTADOS.....</b>   | <b>32</b> |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>8. DISCUSIÓN .....</b>   | <b>40</b> |
| <b>9. CONCLUSIÓN .....</b>  | <b>45</b> |
| <b>10. REFERENCIAS.....</b> | <b>46</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Cuadro 1. Principales nematodos gastrointestinales reportados por región en México.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>Cuadro 2. Conteo de huevos de nematodos gastrointestinales (NGI) en ovinos de un rebaño en Ayapango, Estado de México.....</b>                                 | <b>36</b> |
| <b>Cuadro 3. Estimación de la eficacia del Closantel sobre la eliminación de huevos en ovinos de un rebaño en el Municipio de Ayapango, Estado de México.....</b> | <b>37</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1. Tarjeta FAMACHA.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Figura 2. Selección e integración de los grupos experimentales .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>Figura 3. Identificación, pesaje y administración del tratamiento<br/>correspondiente a cada grupo.....</b>  | <b>33</b> |
| <b>Figura 4. Colección de muestras de heces para análisis<br/>coproparasitológicos.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>Figura 5. Realización de las pruebas coproparasitológicas de flotación y<br/>McMaster.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>Figura 6. Rebaño bajo estudio, por las tardes los animales son encerrados<br/>en un corral rústico para que pernocten.....</b>   | <b>35</b> |
| <b>Figura 7. Huevos de nematodos gastrointestinales (NGI) encontrados en el<br/>estudio. A) Huevos derivados de la prueba de Flotación a 4X;<br/>B) Huevos de NGI a 40X; C) Fragmento de la cámara de<br/>McMaster para el conteo de huevos de NGI a 10 X .....</b> | <b>39</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de mayor relevancia en el ejercicio profesional del Médico Veterinario Zootecnista, es estimular la producción de alimentos para satisfacer el requerimiento de proteína que la población humana demanda. De acuerdo con esto, la carne de los ovinos es un producto de alta calidad que puede satisfacer dicha necesidad. En México existe un déficit del volumen de carne ovina, algunos autores refieren que las importaciones oscilan entre el 43.5% al 50% del consumo nacional (Bobadilla-Soto et al., 2017) y otros que el incremento de producción nacional aumentó un 84% contra el 16% de las importaciones (Hernández-Marín et al., 2017).

A pesar de que hay un aumento en la producción, las importaciones siguen siendo significativas lo que se traduce en pérdidas para los productores nacionales. Los principales países que exportan carne ovina a México son Nueva Zelanda, Estados Unidos y Australia. Una característica por destacar es que aproximadamente el 95% del consumo de la carne de ovino en nuestro país se realiza en barbacoa, y en menor medida los cortes finos y carne congelada.

El consumo de carne ovina va en aumento según el reporte *Panorama Agroalimentario 2020* con “59 mil toneladas en promedio durante los últimos 10 años” (SIAP, 2020). Los estados que más aportan a la producción nacional son el Estado de México e Hidalgo.

El ganado ovino en el Municipio de Ayapango, Estado de México, está orientada a la producción de carne, la cual se produce en sistemas extensivos que se basan en el aprovechamiento de pastos naturales y esquilmos agrícolas (pajas y rastrojos), personal poco capacitado, ya que son las familias las que cuidan el rebaño, instalaciones rústicas, bajo o nulo uso de tecnología y asistencia técnica. Los ovinos son utilizados por la familia como fuente alternativa de ingresos o ahorro, así como para el autoconsumo (Vélez et al., 2016).

En los sistemas extensivos, los animales son pastoreados en agostaderos naturales lo que está asociado a parasitosis, que ocasiona en los ovinos diversos

problemas que se traduce en pérdidas para el productor debido a la baja de peso, los animales no expresan su potencial productivo, existe retraso en el crecimiento y desarrollo, y en casos extremos la muerte del animal por las patologías ocasionadas por los parásitos (Toro et al., 2014; Díaz-Anaya et al., 2017).

Los parásitos que afectan a los rebaños pueden ser externos como *Psoroptes ovis*, un ácaro causante de la sarna psoróptica altamente contagiosa, *Melophagus ovinus*, y piojos masticadores por ejemplo *Bovicola ovis* y piojos chupadores como *Linognathus* sp. Un ectoparásito muy común en los ovinos es *Oestrus ovis* conocido como “mosca de la nariz”, que provoca la oestrosis ya que afecta la cavidad nasal, principalmente, pero también puede provocar daños en los senos frontales y maxilares, al depositar sus larvas y provocar miasis en el animal. Respecto a los endoparásitos, que tienen gran relevancia en la producción ovina existen diferentes tipos como cestodos, trematodos y nematodos (Larroza et al., 2020; Ayala y Flores, 2021).

Los nematodos gastrointestinales (NGI), son los que más afectan a los ovinos en las unidades de producción provocando graves daños a la salud del animal. La literatura refiere que los más comunes dentro de los sistemas pastoriles son *Haemonchus contortus*, *Trichostrongilus colubriformis*, *Oesophagostomum colubianum*, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris ovis*, *Skrjabinema ovis*, *Bunostomum trigonocephallum* y *Cooperia curticei*, principalmente (López et al., 2013; López-Rodríguez et al., 2023).

Los NGI generan diversas patologías que afectan al rebaño, provocando pérdidas e impactos severos en la producción. Para hacer frente a los problemas que los parásitos generan, por décadas el uso de antihelmínticos ha sido la herramienta más eficaz utilizada para su control. Los antihelmínticos que presentan mayor efectividad contra de NGI en rumiantes son derivados de los bencimidazoles, imidazotiazoles y las lactonas macrocíclicas (Encalada et al., 2008). Debido a su elevada eficacia y a la disponibilidad en el mercado farmacéutico veterinario, es muy frecuente que los productores suministren antihelmínticos sin asesoramientos veterinarios lo que favorece el desarrollo de resistencia a los fármacos utilizados

(Toro et al., 2014). La resistencia antihelmíntica la definen diversos autores como la disminución en la efectividad de los desparasitantes contra una población de parásitos (Garduño et al., 2012). Esto se atribuye al uso continuo de un fármaco sin el debido control, lo que ocasiona que sobreviva un pequeño porcentaje de nemátodos que heredan la resistencia a su descendencia; incluso se han reportado casos de baja eficacia al suministro de varios fármacos a la vez, lo que ha generado multi-resistencia (Sepúlveda-Vázquez et al., 2021).

La resistencia generada a los fármacos pone en riesgo el control de los parásitos en los rebaños, lo que incrementa los efectos negativos en la producción y pérdidas económicas a los productores, este aspecto es de suma importancia debido a que los ovinos representan una fuente importante de ingresos para los pequeños productores del municipio de Ayapango, por lo que es necesario un estudio para investigar dicha resistencia. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es realizar un estudio diagnóstico para determinar si existe resistencia antihelmíntica al Closantel en parásitos de ovinos del Municipio de Ayapango, Estado de México.

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1 Situación de la producción ovina

La producción ovina a nivel mundial ha ido en crecimiento, según reportes de la FAO durante los últimos 10 años ha incrementado el número de cabezas. Para 2020 el inventario mundial ovino ascendía a 126,613,454 cabezas de ganado; siendo China el país líder en la producción de carne con un 13.67% a nivel global, seguido de la India, Australia y Nigeria (FAOSTAT, 2022).

La situación nacional en la producción ovina se muestra favorable, es considerada como un sector con oportunidades de crecimiento, aporte directo en la economía familiar y de gran desarrollo productivo (SADER, 2017). En el último censo agropecuario 2022 llevado a cabo por el INEGI, México contaba con 6,432,667 cabezas de ganado ovino, lo que representa un ligero incremento respecto al año anterior (INEGI, 2022). La carne sigue siendo el producto de mayor relevancia, ya que es usada para elaborar el platillo típico conocido como barbacoa. En 2021 se lograron obtener 66 mil toneladas, volumen que representa un 1.7% mayor respecto de 2020, resultado de 0.5% de aumento en su inventario según el reporte en el *Panorama Agroalimentario 2022*. Los estados con mayor producción de carne son el Estado de México con 9,184 toneladas, seguido de Hidalgo con 6,683 toneladas y Veracruz en tercer lugar con 5,784 (SIAP, 2022).

El ganado ovino tiene ventajas frente a las otras especies, su manejo es fácil como se demuestra en la producción de ganado de traspatio al ser la familia quien se encarga del cuidado y manejo. Es una especie que está asociada a las familias de bajos recursos y contribuye a su economía como ahorro, ingresos extras por la venta de los animales y poca inversión en infraestructura. En los sistemas intensivos, con una gran inversión y mano de obra calificada la especie es muy adaptable. Sin embargo, la ovinocultura sigue ocupando los últimos lugares en la industria pecuaria nacional a pesar de que el ganado ovino constituye un aporte económico importante para los campesinos de escasos recursos y pequeños productores (Hernández-Marín et al., 2017).

La demanda de productos cárnicos de ovinos en la población urbana es de gran importancia en platillos tradicionales, cortes finos y para grandes festividades (Hernández-Marín et al., 2017); así mismo, la cercanía de la región conocida como “La zona de los Volcanes” con la ciudad de México y zonas conurbadas, ofrece un importante mercado que los productores de ganado ovino pueden satisfacer; como ya se mencionó el 90% de la producción de carne se destina a la elaboración de barbacoa (Islas-Moreno et al., 2020); lo que posiciona a la región como una zona privilegiada. En la región de los volcanes el principal productor es el municipio de Juchitepec que aporta el 56.55%, otros municipios de importancia en la producción ovina son Tenango del Aire, Temamatla y Ozumba. También existen municipios que a partir del 2017 han reportado un incremento de forma constante como es el caso de Atlautla y Ayapango (Ojeda et al., 2022a).

Los sistemas de producción ovina que existen son el intensivo, extensivo o mixto. En el sistema intensivo se utilizan altas cantidades de grano para la alimentación, los animales se encuentran estabulados, su tecnificación es muy alta, así como también requiere el empleo de mano de obra calificada y servicios veterinarios de manera permanente (Chávez-Espinoza et al., 2022).

El sistema que predomina en la región de los Volcanes y en el centro del país, es el extensivo donde los animales pastorean libremente a veces con supervisión durante el día y son resguardados por la noche en corrales elaborados de diversos materiales: madera, piedra, plástico y otros materiales disponibles por el productor (Vázquez-Martínez et al., 2018). El alimento es forraje que está disponible en el campo y en ocasiones se les provee de forraje almacenado y algunos granos disponibles, pero esto no es común (Chávez-Espinoza et al., 2022). Estos sistemas proporcionan rentabilidad al productor a pesar de que su productividad varía de acuerdo con las estaciones y el contexto climático. La inversión en infraestructura es mínima, no cuentan con alta tecnología para el manejo de los animales, poca o nula asesoría técnica, médica y la mano de obra proviene generalmente de la familia del productor (Bobadilla-Soto et al., 2021). En contraste, el animal puede moverse libremente permitiendo mejores actividades fisiológicas y de comportamiento. Sin

embargo, el pastoreo puede afectar al animal en una pobre nutrición que mantiene al animal en estrés alimenticio, provocando baja fertilidad, bajo peso o no lograr el peso idóneo, ser más susceptibles a diversas patologías y presentar alta mortandad en los rebaños (Rueda, 2022).

## **2.2 Problemáticas de la ovinocultura**

Como se mencionó anteriormente, el aumento considerable de la población demanda mayor cantidad de alimento, siendo la carne un producto altamente solicitado; la ovinocultura tiene una oportunidad amplia en el mercado de satisfacer la necesidad actual. En México, el mayor consumo es en carne para barbacoa, seguido de lana y leche (Vargas-Bello-Pérez et al., 2023). Los estados que más producen ovejas son el Estado de México con 15.9%, Hidalgo 13.4%, Veracruz 8.1, Oaxaca 6.1 y Puebla 5.5% (Hernández-Marín et al., 2017). El sistema de producción adoptado mayormente en estos estados es el extensivo, caracterizando a estos sistemas una baja adopción de nuevas tecnologías, manejos inadecuados en nutrición, manejo reproductivo, salud preventiva y genética (Vargas-Bello-Pérez et al., 2023) además de serios desafíos con la cadena de valor y la mano de obra poco calificada.

A todo esto, se le añaden los problemas de salud ocasionados por los aspectos ambientales, sociales y económicos propios del sistema de producción lo que ocasiona pérdidas económicas y poca rentabilidad para los productores. Debido a que la mayoría de la producción se realiza bajo el esquema extensivo, la prevención y manejo de enfermedades se vuelve un reto, no solo como objetivo de producción, sino para lograr el enfoque de “*Una salud*” (One Health) promovido a nivel mundial que resalta la conexión entre los animales, las personas y el medio ambiente. Los ovinos padecen diversas enfermedades asociadas a diferentes agentes etiológicos como bacterias, hongos, nematodos, protozoarios, cestodos, trematodos y artrópodos además de las asociadas a trastornos metabólicos y deficiencias de nutrición (Ojeda et al., 2022b).

Las enfermedades que tienen mayor relevancia debido al sistema extensivo en el que se realiza la producción son brucelosis, mastitis y paratuberculosis (Vargas-Bello-Pérez et al., 2023). De las enfermedades asociadas a diversos agentes patógenos en ovinos, las infecciones por bacterias y parásitos son las más comunes por lo que representan una afectación importante dentro del sistema de producción, repercutiendo en la productividad y economía de los productores. Dentro de las principales enfermedades bacterianas que afectan a los ovinos se encuentran *Brucella ovis*, *Campylobacter* ssp. (Méndez-Lozano et al., 2015); que ocasiona epididimitis y abortos, ambas patologías de las más importantes en ganadería ovina en México; por su parte, la leptospirosis es una enfermedad zoonótica de difícil diagnóstico debido a que los signos clínicos son limitados (Gabriel-Véjar et al., 2022). *Staphylococcus aureus* ocasiona mastitis clínica y subclínica (Vargas-Bello-Pérez et al., 2023). Todas ellas ocasionan un reto para el productor debido a los gastos de atención veterinaria, bienestar laboral, manejo adecuado de los animales enfermos y retiro o eliminación de los animales improductivos.

Sin embargo, su magnitud e impacto no se compara con las endoparasitosis. Este tipo de parasitosis, en ovinos implican diferentes parásitos como cestodos, trematodos y nematodos. Las enfermedades producidas por nematodos gastrointestinales son las más frecuentes e importantes debido a las afectaciones a los rebaños por mala absorción de nutrientes que deriva en diversas complicaciones como desnutrición, problemas reproductivos, estrés, afectaciones en su comportamiento, etc., lo que afecta la producción ovina (Ojeda et al., 2022b). En el siguiente apartado se ampliará el tema de NGI en la producción ovina.

### **2.3 Nematodos gastrointestinales (NGI)**

Los parásitos gastrointestinales son los más frecuentes en los ovinos y causantes de pérdidas en las unidades de producción de forma directa, en los animales jóvenes limitan su crecimiento y en los adultos su productividad (López-Rodríguez et al., 2023). Las parasitosis gastrointestinales en ovinos son causadas por protozoarios, trematodos, cestodos y nematodos. Las provocadas por los

tres primeros grupos suelen ser escasas, por lo que las más diversificadas son las producidas por NGI, entre estas se encuentran:

- Hemoncosis: Causada principalmente por *Haemonchus contortus*, considerado el parásito más dañino en los ovinos. Se aloja en el abomaso.
- Ostertagiasis: Causada por diferentes especies de *Teladorsagia* (antes *Ostertagia*). Se alojan también en el abomaso.
- Tricostrogiliasis o Tricostrogilosis: *Trichostrongylus axei*, abomaso.
- Nematodirosis: Diferentes especies de *Nematodirus*, se localizan en el intestino delgado.
- Tricostrogilidiosis intestinales: Este tipo de parasitosis en el intestino delgado puede ser causada por *Trichostrongylus* spp., *Cooperia* spp., y otras de *Nematodirus* spp.
- Estrongiloidiasis o estrongiloidosis: Asociada a *Strongyloides papillosus* que se aloja en el intestino delgado.
- Bunostomiasis: *Bunostomum trigonocephallum*, en intestino delgado.
- Tricuriosis o Tricuriasis: *Trichuris ovis*, en intestino grueso.
- Oesofagostomiasis o Esofagostomiasis: *Oesophagostomum columbianum*, en intestino grueso.
- Skrjabinemiosis: *Skrjabinema ovis*, en intestino grueso.
- Chabertiasis o Chabertiosis: *Chabertia ovina*, en intestino grueso (Ojeda et al., 2022b).

Las infecciones graves por helmintos son más evidentes en animales jóvenes debido a una falta de desarrollo inmunológico, un ejemplo es *Haemonchus* spp. (Angulo-Cubillán et al., 2007); que migra en fase L3 hacia las paredes de la mucosa gástrica, donde se alimenta como adulto. Debido a que es hematófago, libera un anticoagulante lo que ocasiona un sangrado profuso, provoca anemia, úlceras gástricas, debilidad en el animal, edema submandibular y muerte súbita. La mayoría de los géneros tienen un efecto similar en otras secciones del tracto gastrointestinal (rumen, abomaso, intestino grueso o delgado). Otro NGI es del Orden Strongylida, posee tropismo por el abomaso del cual se alimentan de la sangre del ovino

causando anemias graves en el hospedero. *Strongyloides papillosus* daña el epitelio intestinal causando enteritis, diarrea sanguinolenta, anorexia y pérdida de peso y muerte del animal. Debido a que puede causar dermatitis principalmente en la piel de las patas los humanos pueden contraer la infección por contacto directo del suelo contaminado con las larvas, durante el manejo de los rebaños (Junquera, 2021). En el caso del cestodo *Moniezia expansa* infecta a los ovinos a través de un hospedero intermediario, un ácaro oribátido que contamina el agua, el forraje, los pastos y la ubre de la borrega cuando se echa en el suelo. Los animales más afectados son los recién nacidos y los corderos, que desarrollan diarreas profusas y sanguinolentas, baja de peso por la perforación intestinal que ocasiona el parásito, disentería, estreñimiento, depresión y enterotoxemia (Quiroz et al., 2011).

*Trichuris ovis* se aloja en la mucosa superficial del intestino grueso del ovino, provocando descamación del epitelio y hemorragias leves, en infestaciones masivas puede producir úlceras, enteritis y hemorragias más profusas, que generalmente concluyen con la muerte del animal por anemia y emaciación (Ojeda et al., 2022b).

Algunos NGI provocan nódulos en las paredes del intestino, un ejemplo es *Oesophagostomun columbianum* que interfieren con la fisiología normal afectando la absorción de líquidos provocando diarreas que evolucionan de leves a profusas, pérdida de apetito del animal lo que ocasiona baja de peso, el ovino muere por deshidratación o emaciación. Algunos NGI afectan de forma mixta aumentando su contribución a los síntomas de otros parásitos, tal es el caso de *Skrjabinema ovis*, que en la mayoría de los casos no produce daños importantes, pero contribuye la carga parasitaria en el ovino. Este parásito produce daños en el intestino grueso, en la piel alrededor del ano y base de la cola, en parasitosis mixtas ocasiona obturación intestinal.

Las parasitosis generan graves problemas debido a que se presentan en forma mixta ocasionando la suma de sus efectos en la salud del animal (Ojeda et al., 2022b). Como resultado de la invasión al abomaso e intestino provocan gastroenteritis parasitarias que pueden alterar el bienestar del animal o incluso provocar la muerte. Por lo tanto, es de suma importancia tener un control adecuado

de los nematodos gastrointestinales en las unidades pecuarias siendo los sistemas extensivos los que requieren mayor atención debido al poco o nulo asesoramiento veterinario y de personal capacitado que tienen estos sistemas (Craig, 2018; Reyes-Guerrero et al., 2021).

## **2.4 Tipos de control de los nematodos gastrointestinales**

La ganadería ovina representa una importante actividad económica para los productores, ofrece ventajas y una gran oportunidad para las familias de bajos recursos; lograr una eficiencia en la producción de carne por animal se alcanzará principalmente con la prevención de enfermedades que limitan la ganancia de peso. Como ya se mencionó en los apartados anteriores, los NGI son un problema importante para lograr alta eficiencia en la producción, no solo por la patología en sí misma, sino por todo lo que está asociado a ella. El adecuado control de estos parásitos en los rebaños se vuelve un factor muy importante para la producción, venta y consumo de carne en el mercado que demanda cada vez alimentos de mejor calidad.

Existen diversos métodos de prevención y control de los NGI, a continuación, se describirán los más importantes para este trabajo.

### **2.4.1. Control físico**

Rotación de potreros: debido a la relación entre los pastos, los endoparásitos en vida libre y el huésped, el adecuado manejo de las zonas de pastoreo se vuelve primordial y es usado como un método de control. La rotación de potreros ha demostrado ser un método eficaz en el control de NGI. Consiste en mover periódicamente las áreas donde se alimenta el animal, dividiendo los tiempos de ocupación y descanso de las praderas aumentando la mortalidad en L3 de los parásitos (Márquez, 2014). Teniendo en cuenta el clima, la época del año, la edad de los animales en pastoreo y el estado de salud se puede reducir la carga parasitaria dentro del rebaño (Quiroz et al., 2011). Con esto se logra; sin embargo, en el sistema extensivo se vuelve difícil debido a que los animales pastan libremente por las áreas a las que son llevados y no existe un registro o sistematización de los

potreros.

#### **2.4.2. Control biológico**

Existen diversos estudios sobre el control de nematodos usando hongos nematófagos o con la capacidad de atrapar parásitos de los rumiantes (Quiroz et al., 2011; Reyes-Guerrero et al., 2021) como el *Duddingtonia flagrans*. Este hongo produce clamidosporas en grandes cantidades que son incorporadas al alimento o administran vía oral en los animales. Otra alternativa son las plantas con actividad antihelmíntica como leguminosas que poseen un alto contenido de metabolitos secundarios: taninos condensados e hidrolizables, flavonoides y otros grupos de polifenoles, que representan una alternativa de control de NGI (Reyes- Guerrero et al., 2021).

Estos métodos ofrecen beneficios a las unidades pecuarias al ser ecológicos, no producir efectos adversos en los animales y no generar residuos químicos antiparasitarios en la carne para consumo humano, lo que contribuye a que se desarrolle una ovinocultura más sustentable. Una de las desventajas que presentan y citan los autores en el control biológico es su efectividad solo en estadios de vida libre de los endoparásitos, una acción más lenta que los antihelmínticos químicos utilizados y solo reducen la población parasitaria, lo que puede ser benéfico por que actúa como estímulo para que el sistema inmunológico responda contra los parásitos (Saumell y Fernández, 2000; García et al., 2016).

#### **2.4.3. Uso de animales resistentes**

La selección de animales que presentan resistencia genética como respuesta inmune para controlar una infección o enfermedad (Reyes-Guerrero et al., 2021) es un rasgo aprovechable en el control de dicho problema. Algunas razas de ovinos han demostrado resistencia por naturaleza a los NGI, esta resistencia es heredable a sus descendientes y contribuye al control de endoparásitos al seleccionar del rebaño los animales que presenten mayor resistencia. Se pueden crear programas de reproducción seleccionando razas cruzas de animales y potenciar sus efectos. Lamentablemente para los pequeños productores resulta incosteable debido a las

pruebas para evaluar los diversos estándares relacionados con los parámetros parasitológicos, inmunológicos y de patogenicidad (Salgado-Moreno et al., 2017).

#### **2.4.4. Control químico, antihelmínticos (AH)**

Debido a que uno de los graves problemas que enfrentan los ovinocultores, es la alta prevalencia de parasitosis gastrointestinales, que suelen causar serias afectaciones a los animales, al comprometer tanto la eficiencia productiva como reproductiva, la estrategia básica ha sido tratar de controlar las poblaciones de parásitos mediante el uso de antihelmínticos comerciales (Zaragoza-Vera et al., 2019). El uso de químicos antihelmínticos como base del control de NGI es la medida más difundida entre los productores y propietarios de unidades de producción de ovinos. En un inicio, cuando empezaron a utilizarse los resultados fueron enfáticos y rápidos, además de ser de fácil acceso para su uso en las unidades de producción. El tratamiento recae en el uso de drogas o fármacos para el control de los nematodos, que se clasifican en dos grupos, el primero que es de amplio espectro que incluye a los benzimidazoles, imidazotiazoles, lactonas macrocíclicas, amino aceto-nitrilos, espiroindoles y los de espectro reducido, a este grupo pertenecen las salicilanilidas y los organofosforados (Fierro, 2020). Por su clasificación desde el punto de vista farmacológico; el primero, corresponde a los Benzimidazoles (BZ) en los que se incluye el albendazol, flubendazol, fenbendazol y mebendazol. El segundo, son las denominadas lactonas macrocíclicas (LM), en las que se ubican la moxidectina y la Ivermectina. El tercero, integra a los derivados de Imidazotiazoles (IMZ), donde se ubica al Levamisol. El cuarto, un derivado de Amino-acetonitrilo, el antihelmíntico Monepantel y, por último, del tipo de las Salicilanilidas, está el Closantel (Aguilar-Tipacamú y Rodríguez-Vivas, 2002; Toro et al., 2014; Pérez-Cogollo et al., 2018).

El Closantel es un compuesto de vida media que presenta un periodo de eliminación largo por su alta afinidad por las proteínas plasmáticas (de alrededor de 15 días en ovinos), por su baja depuración metabólica y renal; se metaboliza muy poco en el hígado (10%) y se excreta principalmente en las heces (80%) (Mancilla et al., 2022); aunque se puede detectar en orina y leche (Imperiale y Lanusse, 2021).

El fármaco afecta particularmente a la fosforilación oxidativa de la célula que interfiere con las actividades metabólicas para crear energía (ATP) a partir de la oxidación de los nutrientes. También, interfiere con el mecanismo de homeostasis de pH en el parásito.

Respecto a los efectos secundarios e intoxicaciones los casos reportados de efectos adversos del Closantel se deben a sobredosis, los efectos son ceguera nocturna o total, daños oftálmicos, muerte en corderos y cabritos, así como afectaciones en animales con desnutrición; es por ello por lo que se recomienda administrar en dosis correctas para evitar intoxicaciones (Mancilla et al., 2022). Este AH, se considera altamente eficaz contra *Haemonchus contortus* (Márquez, 2003).

Actualmente, el método que ha demostrado ser el más efectivo por la rapidez, la disponibilidad en el mercado y eficiencia en la eliminación de NGI es la desparasitación mediante químicos antihelmínticos; sin embargo, el uso indiscriminado de estos medicamentos ha conducido al surgimiento de la resistencia a estas sustancias en las poblaciones de nematodos.

## **2.5 Resistencia antihelmíntica (RAH)**

Existen en la literatura, diversas aproximaciones conceptuales que hacen referencia al significado de resistencia antihelmíntica (RA). De acuerdo con Mphahlele et al. (2019), este fenómeno puede entenderse como una susceptibilidad reducida de los parásitos ante una dosis de una droga, que se supone es suficiente para eliminar una alta proporción de éstos. Por su parte, Ortiz (2016), la describe, como la capacidad desarrollada por una parte de la población de parásitos para tolerar dosis tóxicas de sustancias químicas y que puede ser heredada a su descendencia. Esto significa que, en una población de parásitos de la misma especie, algunos podrán sobrevivir y otros sucumbirán ante los efectos letales del AH. De esta forma, la resistencia desarrollada por algunos parásitos y que es heredada a su descendencia, estaría sobre la base de esta condición de RAH. Otra definición sobre este fenómeno, destaca la pérdida de efectividad de los AH para controlar las poblaciones de parásitos (Jabbar et al., 2006). En todas las definiciones se menciona que los NGI resisten las dosis suministradas a las drogas y lo que las

hace más peligrosas es su heredabilidad, que es la capacidad de transmitir a la siguiente generación de nematodos la tolerancia a los fármacos suministrados. Esto se debe al uso continuo e indiscriminado del suministro de los antihelmínticos como son benzimidazoles, imidazotiazoles y lactonas macrocíclicas e incluso a las combinaciones de los mismos (Papadopoulos, 2008). Para atacar la población de nematodos o su resistencia, se ha optado por suministrar más de un fármaco, pero esto solo es una solución temporal ya que la resistencia se puede generar rápidamente a ambos productos dando como resultado una resistencia múltiple.

Existen algunas prácticas durante el manejo que disminuyen el número de tratamientos antihelmínticos, para que el parásito tenga menor contacto con el fármaco, reduciendo así el desarrollo de la resistencia. Algunas de estas prácticas son las siguientes:

- Uso de animales resistentes.
- Mejoramiento de la condición nutricional.
- Empleo del pastoreo rotacional.
- Población refugio.
- Control biológico usando escarabajos y hongos

### **2.5.1 Rotación del principio activo del AH**

Una de las estrategias para retardar la resistencia, es la rotación del principio activo del Antihelmíntico. Usar el mismo AH durante mucho tiempo con altas frecuencias de aplicación se asocia al desarrollo de la resistencia, se recomienda rotaciones anuales, también utilizar combinaciones de AHs con similares espectros de actividad y diferentes mecanismos de acción (Márquez, 2014). Esta estrategia es exitosa, si se cuenta con la asesoría técnica necesaria, utilizar registros para iniciar el control de la administración del medicamento. Si los parásitos tienen algún tipo de resistencia a uno de los compuestos a resistencia se intensificará. Este método está dando resultados en diversos países productores y con alta resistencia a diferentes antiparasitarios (Lanusse et al., 2013).

## **2.5.2 Desparasitación selectiva**

Otro método de prevención de la RAH es la desparasitación selectiva. Esta estrategia considera que en un rebaño de ovinos la mayoría de los animales tienen pocos parásitos, mientras que solo una pequeña cantidad de ellos poseen altas cargas parasitarias que son los animales que generalmente presentan signos clínicos de parasitosis, y son los únicos que deberían ser desparasitados (Medina et al., 2014). Este método ha demostrado grandes ventajas en los rebaños para regular el desarrollo y control de la resistencia, logrando que los productores puedan optimizar sus recursos económicos disponibles y obtener otras ventajas en sus unidades de producción. Al generar menores gastos en la adquisición de AH, así como, en el pago de la mano de obra requerida para su aplicación, económicamente se ven beneficiados, pero así mismo logran que en el rebaño existan animales con reducidas cargas parasitarias (grupo de refugio), que no son sometidos a desparasitación, controlando así el desarrollo de la RAH (Reyna-Fuentes et al., 2023).

De esta forma, conservar la susceptibilidad antihelmíntica en algunas poblaciones parasitarias es de fundamental importancia para evitar la generación de resistencia AH. Se recomienda que previo a realizar la desparasitación, se realice una revisión previa que permita identificar signos asociados con la presencia de parásitos (ganancia poco significativa de peso, pobre condición corporal, diarrea, reducida producción de leche, principalmente). Para realizar esta modalidad de desparasitación, se consideran básicamente dos tipos de técnicas, a través de las cuales es posible realizar una selección de los animales susceptibles de ser desparasitados. La primera, consiste en identificar a los animales con una mayor densidad parasitaria; en tanto que, en la segunda, se busca identificar en el rebaño a los grupos vulnerables, y que por tanto presentan un alto riesgo de adquirir la parasitosis. Ambas técnicas tienen como finalidad reducir el número de animales que serán sometidos al tratamiento del químico (Torres-Acosta et al., 2009).

## **2.5.3 Criterios para realizar la desparasitación selectiva**

Diversos autores recomiendan los siguientes criterios para aplicarla:

1. Considerar el grado, intensidad y frecuencia de la diarrea, especialmente en los corderos (Cabaret et al., 2006)
2. La condición corporal de los animales.
3. Realizar desparasitación a aquellos animales considerados con mayor susceptibilidad y riesgo de desarrollar parasitosis (Torres et al., 2003)

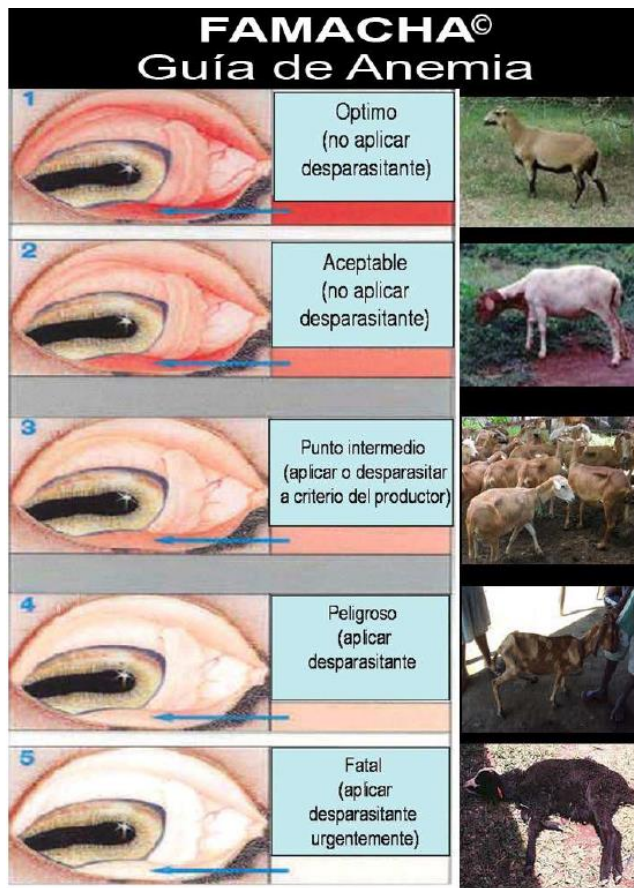
La aplicación conjunta de más de una estrategia de desparasitación selectiva se propone para mejorar el criterio (Medina et al., 2014) y así obtener una estrategia integrada de desparasitación a los animales que lo necesiten. Para mayor efectividad, se sugiere tomar muestras de heces para un estudio coprológico y determinar por el número de huevos, si los animales son candidatos para someterlos al tratamiento AH. La desventaja de este método consiste en el análisis de laboratorio requerido para determinar la cantidad de huevos, también se ha reportado que los signos negativos pueden ser ocasionados por otros padecimientos; sin embargo, es un método en el que se reportan múltiples ventajas y sobre todo, una disminución a la generación de resistencia.

#### **2.5.4 Uso de la prueba FAMACHA y la condición corporal**

Es una estrategia de desparasitación selectiva que se basa en el grado de anemia de un animal, evaluados a través de la palidez de su mucosa ocular utilizando una tarjeta de referencia (Figura 1). Según se observa, en esta tarjeta se incluyen cinco referencias, las de menor valor numérico corresponden a animales que están sanos, en tanto que las de mayor valor, permiten identificar a los animales con los casos más severos, siendo el 5 el que pone en riesgo la vida del animal, por el alto grado de anemia que presenta (de León y Choque-López, 2021).

Diversos autores como Torres-Acosta et. al. (2009), recomiendan que, para contar con más elementos de selección de los candidatos a ser desparasitados, se realice la evaluación simultánea con la técnica FAMACHA y de la condición corporal del animal. Un Valor de FAMACHA de 4 a 5 y una condición corporal de 2

se consideran valores aceptables para tomar las muestras que se analizan en el laboratorio, con el propósito de realizar la estimación del HPG (número de huevos/gr de heces). Dependiendo del valor de HPG, se podrá determinar si se aplica o no, la desparasitación. Generalmente, los animales con un  $HPG > 750$  son los que son desparasitados. Esto representa una ventaja pues se reducen los costos en la adquisición del AH, si esta se realizara de forma generalizada.



**Figura 1.** Tarjeta FAMACHA. Tomada de: De León y Choque-López (2021)

Además de la diversidad de NGI que pueden afectar a los ovinos, la alta densidad poblacional y especificidad de estos parásitos para causar daño en diferentes órganos, los identifica como un problema importante en la sanidad animal mundial. Se ha determinado que la epidemiología de las parasitosis causadas por NGI depende en gran medida de factores asociados a la ubicación geográfica donde se realiza la crianza de ovinos, lo que es determinante tanto para la disponibilidad

de alimento, y otras condiciones físicas del ambiente como la temperatura, humedad y clima, en función de las cuales los parásitos pueden adaptarse. La gran capacidad que han desarrollado los parásitos para poder adaptarse a diferentes condiciones ambientales, así como, la reducida susceptibilidad adquirida a los AHs, están definiendo un escenario de complejidad creciente en lo que respecta al control de las parasitosis, situación que está poniendo en riesgo la sostenibilidad de la ovinocultura en todo el mundo (Sepúlveda-Vázquez et al., 2021; López-Rodríguez et al., 2023).

La problemática se torna más grave porque hay diferentes especies de NGI que han desarrollado resistencia a los antihelmínticos, lo que dificulta el poder controlarlos. Los casos extremos, se presentan cuando esta resistencia se desarrolla frente a diferentes antihelmínticos, tal es el caso de *Haemonchus contortus* que es considerado el parásito que más daño causa a la producción de ovinos. Esto se debe en gran medida a que son parásitos con una elevada fecundidad y alta eficiencia para que las larvas L3 que son ingeridas junto con el alimento, se establezcan exitosamente en el abomaso de los ovinos. Además, como especie los intervalos entre una generación y otra suelen ser reducidos, aumentando su eficacia biológica, aunado a ello han tenido la capacidad de desarrollo de una RHA múltiple a fármacos como el Closantel, el Levamisol, Fenbendazol e Ivermectina puedan establecerse de forma exitosa, gran capacidad de adaptación, intervalos intergeneracionales reducidos y además han desarrollado una resistencia múltiple a antihelmínticos como la Ivermectina, el Fenbendazol, Closantel y Levamisol (García-Rubio y Ojeda-Carrasco, 2024).

En gran medida, esta resistencia que desarrollan los parásitos se debe al uso incorrecto de los antihelmínticos ya que suele aplicarse por los productores sin considerar las dosis que requieren ser administradas, estimar el peso de los animales para “calcular la dosis”, emplear técnicas inadecuadas para la administración, o bien, proporcionar el antihelmíntico a animales que no lo requieren dada la carga parasitaria, afectando con ello que exista un “refugio de susceptibilidad” que permita que el animal esté expuesto y pueda desarrollar las defensas contra esos organismos (Torres-Acosta et al., 2019). Esto ha provocado que la RAH esté aumentando en los rebaños del país, generando las afectaciones

a los productores (Herrera-Manzanilla et al., 2017).

La RAH es ampliamente conocida en NGI de diferentes especies domésticas tales como los ovinos, caprinos y équidos, por mencionar algunas, y se atribuye primordialmente al uso constante y sin que medie la recomendación de un Médico Veterinario de los AH, posibilitando que los parásitos desarrollen de forma progresiva la capacidad de resistencia a estos productos químicos (Taylor et al., 2002). Capacidad que ha resultado ser heredable a futuras generaciones de parásitos, dificultando su control (Sangster, 2001). Esta problemática tiene efectos a nivel mundial, pues aun cuando hay condiciones climatológicas que suelen ser proclives para el desarrollo de los parásitos, se ha demostrado que la problemática de la RAH se enfrenta, a diferentes intensidades en las unidades de producción en climas tropicales, subtropicales y templados (Torres et al., 2003; Encalada et al., 2008).

La resistencia antihelmíntica (RAH); se ha investigado extensamente en ovinos debido a que se ha encontrado baja efectividad de los principales productos químicos (Taylor et al., 2002), tales como: benzimidazoles, imidazotiazoles y lactonas macrocíclicas (Arece et al., 2004). Para *Haemonchus contortus* existe información diversa que documenta su RAH. Incluso, existe evidencia de que algunas cepas de este parásito han podido resistir a tratamientos combinados de fármacos como Netobimin-Levamisol, que mostró una baja eficacia (Papadopoulos, 2008). No obstante, la utilización de varios fármacos a la vez es una solución temporal, ya que la resistencia se logra generar rápidamente en ambos productos provocando resistencia lateral, cruzada o múltiple (Coles et al., 2006).

El acrecentamiento en los casos de resistencia antihelmíntica ha colocado en riesgo la sostenibilidad de los métodos de control, pues la reconversión de poblaciones resistentes a susceptibles por medio del manejo es muy lenta (Sangster, 2001); y ante la dificultad de sintetizar nuevos fármacos capaces de reemplazar a los ya presentes, es ineludible la necesidad de implementar nuevas formas para el control de NGI (Molento, 2009). Con lo antes mencionado, antes de tomar alguna medida se requiere de forma indispensable establecer la eficacia de

los antihelmínticos disponibles (Torres, 2001).

Imperan dos métodos para averiguar la resistencia antihelmíntica: las pruebas *in vitro* y las pruebas de campo; esta última es sencilla y se puede emplear para cualquier tipo de antihelmíntico, ya que permite cuantificar la disminución del número de huevos de nematodos por gramo de heces (Coles et al., 2006); además tiene la capacidad de determinar resistencia cuando la frecuencia de genes con resistencia es superior a 25% (Sangster, 2001). En los casos en que no es posible determinar la resistencia antihelmíntica por el limitado número de animales, es posible evaluar la efectividad de los antiparasitarios a través de la comparación del HPG en muestras fecales tomadas de manera previa y posterior a la aplicación del tratamiento con AH (Vidyashankar et al., 2012).

## **2.6 Situación de resistencia a antihelmínticos en México y en el Estado de México**

Como se ha mencionado, el ganado ovino que se produce en sistemas de producción extensiva mantiene una relación directa con el ambiente, lo que ocasiona la presencia de NGI que provocan enfermedades parasitarias, las cuales, son la principal causa de pérdidas económicas directas por la muerte de los animales o indirecta, impactando negativamente en los parámetros productivos y reproductivos (López-Rodríguez et al., 2023). La crianza de ovinos es una actividad de relevancia para los pequeños productores en México, debido a que se adapta a las variadas regiones geográficas con que cuenta el país; por tanto, los rebaños se ven sometidos a diferentes factores ambientales tales como el clima, humedad, vegetación, por mencionar los más importantes. En concordancia con lo anterior, los productores aprovechan los pastos de la región para alimentar a los ovinos y disminuir el costo de alimentación; sin embargo, este es un factor determinante para desarrollar parasitosis relacionado con los ciclos biológicos de los parásitos.

En México se han reportado diversos nematodos de acuerdo con la ubicación geográfica, en el Cuadro 1, se muestra las regiones del país y los principales NGI encontrados según lo reportado por López-Rodríguez et al. (2023).

**Cuadro 1.** Principales nematodos gastrointestinales reportados por región en México.

| <b>REGION</b> | <b>NEMATODOS ENCONTRADOS</b>  |
|---------------|---|
| SUROESTE      | <i>Haemonchus contortus</i> , <i>Cooperia curticei</i> , <i>Trichostrongylus colubriformis</i> , <i>Strongyloides papillosus</i> , <i>Bunostomum trigonocephalum</i> , <i>Oesophagostomum columbianum</i> y <i>Trichuris ovis</i> .   |
| NORTE         | Pocos reportes sobre la identificación de NGI en UP ovinas.<br><i>Skryabinema ovis</i> (en el borrego cimarrón)   |
| CENTRO        | <i>Strongyloides papillosus</i> , <i>Trichuris</i> spp., <i>Nematodirus</i> spp., <i>Dictyocaulus filaria</i> , <i>Muellerius capillaris</i> , <i>Haemonchus</i> spp., <i>Trichostrongylus axei</i> , <i>Ostertagia</i> spp., <i>Cooperia</i> spp., <i>Bunostomum</i> spp., <i>Nematodirus battus</i> , <i>Nematodirus spathiger</i> , <i>Cooperia</i> spp. y <i>Oesophagostomum</i> spp. |

Cabe destacar que las infecciones por NGI son mixtas y tienen influencia directa, debido a las condiciones climatológicas que prevalecen en las regiones, así como por las características del hospedero como la raza, el género, la edad, y el manejo que implementa cada unidad de producción (Greer et al., 2020). Los factores ambientales, determinan la distribución geográfica y la prevalencia de larvas infectantes de NGI. Analizando los datos de la tabla anterior, las infecciones por parásitos gastrointestinales afectan principalmente en climas tropicales y templados y son de gran importancia en los sistemas extensivos. En zonas con climas tropicales, principalmente en verano, se observa un aumento en la prevalencia de estos parásitos lo cual actualmente es similar en climas templados debido a los efectos del cambio climático (López-Rodríguez et al., 2023).

Para combatir las infecciones de NGI en los rebaños, de manera rutinaria se utilizan AH comerciales que contribuyeron por un tiempo a conservar la salud de los mismos, pero actualmente diversos estudios han demostrado que la RH se ha generalizado en diversas regiones del país. Al ser administrados sin control, con un

bajo o nulo asesoramiento técnico y a veces sin necesitarlo, los NGI comenzaron a limitar la eficacia de los AH por el desarrollo de diversos mecanismos de resistencia, o bien, por la presión de selección sobre los parásitos lo que ha generado poblaciones resistentes o multirresistentes. Diversos autores han reportado resistencia o baja eficacia de tres clases de AH: benzimidazoles (BZ) (mebendazol, fenbendazol y albendazol), lactonas macrocíclicas (LM) (ivermectina y moxidectina) y derivados del imidazotiazoles (IMZ) (levamisol). En México los estados donde se ha notificado RH en pequeños rumiantes son Tabasco, Chiapas, Yucatán, Campeche, Tlaxcala, Puebla, y Veracruz (Reyes-Guerrero et al., 2021). Numerosos estudios han determinado que para el desarrollo de la RA interactúan factores como: las condiciones climáticas, la densidad de población de los NGI, el momento del tratamiento, entre otros; son factores que influyen en los procesos de selección de los genes resistentes a los AH. Este panorama muestra que los nematodos son un importante problema que enfrenta la ganadería ovina en nuestro país y que la RH está ocasionando que los fármacos utilizados comúnmente sean de poca ayuda para combatir los problemas de salud que lo NGI ocasionan.

### **2.6.1 Situación de la resistencia antihelmíntica en el Estado de México**

La zona centro del país es reconocida como la mayor productora de carne ovina con razas de lana incluyendo Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset y razas de pelo como Katahdin, Dorper y Pelibuey. El sistema predominante es el extensivo, con un número reducido de cabezas y en la mayoría de los rebaños se realiza el pastoreo en praderas naturales (Bobadilla-Soto et al., 2021). La mayor producción se centra en cuatro estados: México, Puebla, Hidalgo y Tlaxcala; por su parte, el Estado de México se sitúa como la entidad con mayor cantidad de ganado ovino en la región central, y también es el principal productor de carne de ovino a nivel nacional (Rueda, 2022). Debido a que el sistema de producción predominante es el extensivo, se utiliza para la alimentación de los rebaños, la vegetación disponible en la zona, ya sea en pastoreo y menos frecuente como forraje de corte, esto varía de acuerdo con la zona donde se realice; por lo que su calidad nutricional y disponibilidad varía con la época del año siendo, por tanto, de mayor valor en

temporada de lluvia, con mayor cantidad de proteína y más digestible (Caballero, 2001).

El sistema extensivo, como se ha mencionado, presenta desventajas importantes en diversos aspectos, entre los que destacan: menor calidad de alimentación, manejo e instalaciones deficientes, poco o nulo asesoramiento técnico, entre otros. No obstante, el problema más importante y de especial importancia en el presente trabajo son las parasitosis, las cuales ocasionan diversas afectaciones en la producción, asociadas principalmente a los efectos negativos que causan a la salud y bienestar del rebaño, tanto por los hábitos alimenticios de los parásitos, como su RAH, lo que dificulta su control. En la literatura disponible, se encontraron pocos estudios realizados específicamente para el Estado de México relacionados con esta problemática, de los reportes revisados y analizados se destacan los siguientes: De acuerdo con reportes de Valladares-Carranza et al. (2024), realizado en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal (CIESA), con muestras obtenidas de diferentes municipios del Estado de México, provenientes principalmente de unidades de producción del tipo extensivo, se determinó un 96.03%, de parasitosis en las muestras y se identificaron los géneros *Chabertia* (positividad del 72.7%), *Cooperia* (22.2%), *Haemonchus* (19.8%), *Nematodirus* (6.3%) y *Trichostrongylus* (3.2%).

En otro estudio realizado en Villa del Carbón, Estado de México; se identificaron larvas infectantes de nematodos, determinando que las de mayor incidencia fueron las de *Haemonchus* spp., (46%), seguidas por las de *Cooperia* spp. (25%), *Ostertagia* spp. (15%), *Oesophagostomum* spp. (6%), *Bunostomum* spp. (5%), y *Trichostrongylus* spp. (3%) (Soca et al., 2005).

De manera general se puede concluir que la RA se ha agravado a nivel mundial debido al uso desmedido de fármacos como control de las nematodiasis en ovinos constituyéndose como una problemática en la última década, México al ser un país con una producción poco tecnificada presenta este problema en muchas unidades de producción ovina afectando al productor en diversos niveles, la

producción y el abasto que el mercado demanda de carne ovina y la salud del consumidor final por el uso de los fármacos.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La seguridad alimentaria se define como el acceso físico y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para satisfacer las necesidades de las personas en todo momento. Sin embargo, los países en desarrollo enfrentan desafíos debido a su dependencia del mercado global y la falta de ingresos para acceder a alimentos. La solución propuesta es la soberanía alimentaria, que promueve la autosuficiencia, especialmente en países como México. La producción local de alimentos a nivel estatal, regional y municipal es clave para asegurar el suministro, con la producción familiar siendo fundamental en la agricultura.

Es en este punto donde la importancia de la producción ovina para satisfacer la demanda de alimentos se justifica, los rebaños de ovinos de los pequeños productores contribuyen a la producción de alimentos a nivel local y es una fuente de ingreso económico para las familias rurales (Friedrich, 2014). La ovinocultura es considerada como una actividad económica agropecuaria que presenta una buena perspectiva de crecimiento (Chávez-Espinoza et al., 2022); además SADER, la cataloga como una actividad ampliamente apoyada, y que ofrece a las familias una fuente de ingresos para su economía. Aunado a eso la carne de ovino aporta valiosos nutrientes como proteínas, vitaminas, minerales y micronutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de la población. Sin embargo, al ser una actividad con grandes perspectivas de crecimiento y rentabilidad presentan grandes problemáticas por el sistema de producción imperante en la actividad (SADER, 2017).

El sistema predominante en la producción ovina en México es el extensivo, que se basa en la alimentación mediante pastoreo en agostaderos o pastizales naturales, con una inversión mínima en infraestructura, asesoría técnica y mano de obra, la cual es generalmente proporcionada por la familia del productor (Bobadilla-Soto et al., 2021).

Una de las problemáticas presentes en el sistema de producción extensivo y de gran relevancia en los ovinos son la parasitosis por nematodos gastrointestinales

(NGI); esto se debe principalmente a los procedimientos de desparasitación y al deficiente manejo de los rebaños. Al ser un inconveniente común en la producción ovina, el productor recurre al uso sin control de fármacos desparasitantes lo que ha ocasionado que los parásitos generen resistencia antihelmíntica al incrementar la presión de selección sobre los parásitos; la cual se ha transformado en uno de los problemas sanitarios de mayor importancia en los rebaños (González-Garduño et al., 2014). Los parásitos transmiten la resistencia a la siguiente generación lo cual ocasiona bajos niveles de producción, fertilidad, dichas patologías ocasionan que el animal no alcance a desarrollar su potencial de crecimiento y en casos de parasitosis extremas produce la muerte de este (Toro et al., 2014). Por tanto, el productor tiene pérdidas económicas y bajo crecimiento de producción en su rebaño (Montalvo-Aguilar et al., 2006).

## **4. HIPÓTESIS**

El empleo del Closantel a una dosis de 10 mg/kg de peso por administración oral en ovinos en un sistema de producción extensiva en el municipio de Ayapango, Estado de México, tendrá una eficacia elevada al disminuir en al menos el 95% el número de huevos por gramo de heces a los 14 días posteriores al tratamiento.

## 5. OBJETIVOS

### **Objetivo general:**

- Diagnosticar la situación de la resistencia antihelmíntica del Closantel en nematodos gastrointestinales de ovinos en un sistema extensivo de producción en el Municipio de Ayapango, Estado de México.

### **Objetivos específicos:**

- Cuantificar la presencia de nematodos gastrointestinales mediante la prueba de McMaster en ovinos de un sistema extensivo en el Municipio de Ayapango, Estado de México.
- Realizar la desparasitación mediante el uso del Closantel por vía oral a dosis de 10 mg/kg de peso en ovinos de un sistema de producción extensivo en el Municipio de Ayapango, Estado de México.
- Determinar la situación eficacia y de resistencia antihelmíntica al Closantel mediante una prueba de campo (PRCH).

## **6. MATERIALES Y MÉTODO**

### **6.1 Localización**

El estudio sobre la eficacia y resistencia antihelmíntica al Closantel se llevó a cabo en una unidad de producción pecuaria de ovinos en el Municipio de Ayapango de Gabriel Ramos Millán, en el Sureste del Estado de México, entre las coordenadas 19°10' de latitud norte y 98°45' de longitud oeste. Se encuentra a una altitud de 2450 msnm. Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw), con una precipitación pluvial entre los 800 y 900 mm anuales; cuenta con una temperatura promedio de 12.5°C, una máxima de 30°C y una mínima de 7°C, con presencia de heladas durante los meses de noviembre a febrero (García, 1988). El proceso y análisis de las muestras biológicas se efectuará en el Laboratorio multidisciplinario de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, en el Centro Universitario UAEM Amecameca.

### **6.2 Manejo de los Animales**

Los animales bajo estudio pertenecen a un rebaño con 260 ovinos criollos, principalmente de cruza de razas productoras de lana. Los cuales se llevan al pastoreo de praderas naturales en zonas comunales durante el día y se encierran en un corral rústico por la tarde y noche, en donde se les ofrece agua limpia y fresca y se complementa la alimentación con rastrojo de maíz (*Zea maíz*) en greña o en pacas, así como pacas de avena (*Avena sativa*) y en ocasiones de ebo (*Vicia villosa*). Las praderas se encuentran contaminadas con larvas infectantes (L3) de NGI.

### **6.3 Selección de animales para prueba de campo**

Se seleccionaron de manera aleatoria 50 ovejas sin importar su edad, estado fisiológico o raza, a las que se les identificó con un arete de plástico en la oreja con numeración progresiva del 1 al 50. También al azar, se escogieron 10 animales para formar 5 tratamientos. Este trabajo forma parte de un proyecto que comprende la revisión de 4 grupos de antihelmínticos y uno de control, para el caso en particular

que se describe, únicamente se refiere al grupo tratado con Closantel, cada borrega representa una unidad experimental. Para el caso de este estudio el grupo I (GI) fue el testigo al que se le administró un placebo por vía oral (ovejas con arete 1 al 10); el mismo manejo se aplicó al grupo tratado (GII) al que se le administró mediante la vía oral el antiparasitario Closantel a una dosis de 10 mg/kg<sup>-1</sup> PV de acuerdo con lo recomendado por el fabricante (ovejas con arete 31 al 40).

#### **6.4 Determinación de la resistencia antihelmíntica RAH y eficacia del Closantel**

El tratamiento antihelmíntico se llevó a cabo durante el mes de abril (época de secas); cuando se prevé una menor carga parasitaria en los animales. Los animales fueron pesados para determinar la dosis individual a aplicar por vía oral. Se colectaron muestras de heces del recto el día 0 (día del tratamiento) y a los 14 días posteriores al mismo, se identificaron y conservaron en refrigeración para su traslado al laboratorio en donde se determinó el número de huevos por gramo de heces (HPG) de NGI por medio de la técnica coproparasitoscópica cuantitativa de McMaster (Thienpont et al., 1986).

Para determinar la eficacia (%) del Closantel se utilizaron dos métodos, el primero se realizó mediante la diferencia entre los conteos de término (1) e inicio (0) del tratamiento  $(100 - (HPG\ 1 / HPG\ 0) * 100$ , considerando cada animal como una repetición (González-Garduño et al., 2014).

El segundo fue el método Dash et al. (1998) que utiliza la fórmula propuesta por Abbott para calcular el porcentaje de reducción del conteo de huevos (PRCH) y se establece un umbral que generalmente es del 90% de eficacia para determinar si el PRCH es suficientemente bajo para indicar RA. Si el PCRH calculado es menor que el umbral se considera evidencia de resistencia.

La fórmula empleada es:

$$100 * (1 - \left[ \frac{T2}{T1} \right] * \left[ \frac{C1}{C2} \right])$$

Donde:

C1= promedio de HPG del grupo control pretratamiento día 0

C2= promedio de HPG del grupo control postratamiento día 14

T1= promedio de HPG del grupo tratado pretratamiento día 0

T2= promedio de HPG del grupo tratado postratamiento día 14

Para la realización de la prueba de reducción del conteo fecal de huevos de NGI en las heces (PRCH) para diagnosticar la resistencia antihelmíntica, se siguieron las recomendaciones de la Asociación Mundial para el Avance de Parasitología Veterinaria (WAAVP, *World Association for the Advanced of Veterinary Parasitology*) (Coles et al., 1992). Con las cantidades obtenidas de HPG se calculó la media aritmética, el intervalo de confianza al 95% y el porcentaje de reducción acorde a la ecuación siguiente:

$$PHR = 100 \left( 1 - \frac{\bar{x}_t}{\bar{x}_c} \right)$$

Donde:

PHR = Porcentaje de reducción del número de huevos de NGI,

$\bar{x}_t$  = Promedio de HPG del grupo tratado (GII),

$\bar{x}_c$  = Promedio del grupo control (GI)

## 7. RESULTADOS

Los resultados en campo al utilizar un estudio *in vivo* a través de la medición de la Prueba Reducción del Conteo de Huevos (PRCH), demostró una baja eficiencia del Closantel como antiparasitario contra nematodos gastrointestinales; no obstante, se ha mencionado que posee baja sensibilidad y especificidad. Al comparar la utilización de las fórmulas propuestas por la WAAVP y la de Abbott y contrastar los resultados, se comprobó que existe resistencia antihelmíntica a este principio activo a la dosis sugerida por el fabricante.

Se logró conformar de manera adecuada los dos grupos el grupo Control (GI), y el grupo en tratamiento para la administración de Closantel a una dosis de 10 mg/kg por la vía oral (Figura 2).



**Figura 2.** Selección e integración de los grupos experimentales.

Fuente: Fotografía tomada durante el trabajo de la tesista.

El día 0 (inicio del estudio), después de conformar los grupos, se identificaron los animales con un arete de plástico numerado de color rojo en la oreja derecha; posteriormente, se pesaron (Figura 3); se administró el tratamiento correspondiente y se colectaron las muestras de heces de cada animal (Figura 4).



**Figura 3.** Identificación, pesaje y administración del tratamiento correspondiente a cada grupo.

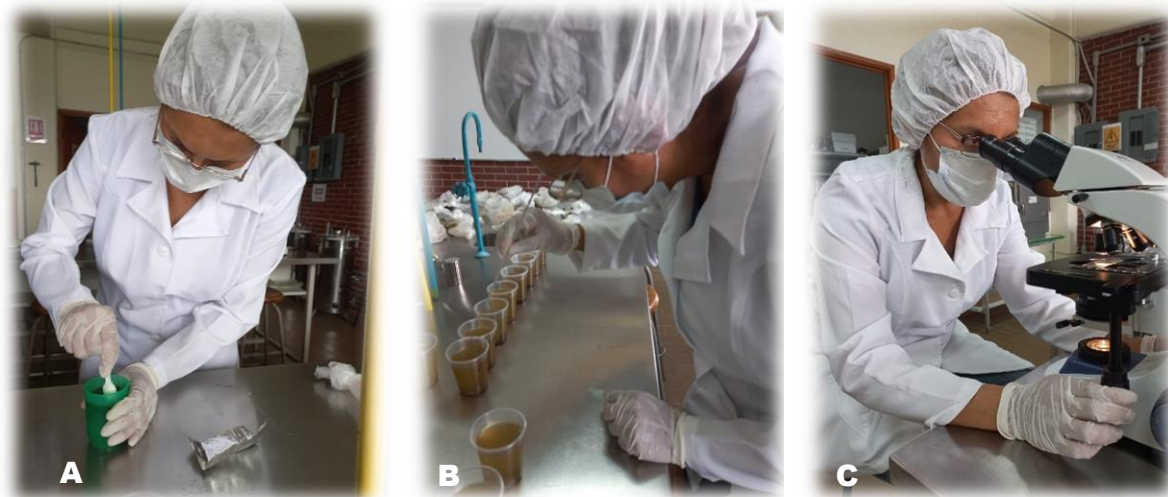
Fuente: Fotografía tomada durante el trabajo de la tesista



**Figura 4.** Colección de muestras de heces para análisis coproparasitológicos

Fuente: Fotografía tomada durante el trabajo de la tesista

Durante el primer muestreo se encontró que en el grupo control, en dos de los animales seleccionados no se identificaron huevos tanto en la prueba de flotación, como en la de McMaster (Figura 5); siendo que el número promedio de huevos para el grupo GI fue de 1350 HPGH; al eliminar a los dos animales negativos dicho promedio se ajustó a 1687 HPGH. En contraste, para el grupo en tratamiento, fue de 2117 HPGH. De acuerdo con lo anterior, es importante recordar que los animales muestreados solamente fueron hembras adultas, sin considerar su edad y estado fisiológico (algunas se encontraban gestantes, y algunas ya estaban paridas, lo que puede ser un factor que modifique el grado de parasitosis).



**Figura 5.** Realización de las pruebas coproparasitológicas de flotación y McMaster.

- A) Homogenización de heces en la Solución Salina Saturada al 40%; B) Prueba de Flotación; C) Observación al microscopio de la prueba de Flotación.

Fuente: Fotografías tomadas durante el trabajo de la tesista

Por otro lado, el encontrar que en los animales al inicio del estudio conteos promedio para los dos grupos (GI) y (GII), por arriba de los 1700 HPGH, pone de manifiesto que existe la presencia de una parasitosis de importancia presente en el rebaño, resaltando que ésta se presentó por una infestación natural ya que los

animales están en un sistema de producción extensivo con pastoreo en áreas comunales en las que pastorean otros rebaños y también bovinos, por la tarde los animales son suplementados con esquilmos agrícolas como rastrojo de maíz y también se les ofrece agua fresca, posterior a ello, permanecen en un encierro para pernoctar (Figura 6).



**Figura 6.** Rebaño bajo estudio, por las tardes los animales son encerrados en un corral rústico para que pernocten.

Fuente: Fotografía tomada por la tesista Magdalena Salgado Salinas.

En el caso del segundo conteo, se colectaron muestras de los ejemplares 14 días posteriores al inicio del tratamiento, es importante resaltar que para el grupo control el promedio de huevos superó en casi 2.7 veces el conteo inicial. Para el caso del grupo bajo tratamiento el número de huevos disminuyó 3.4 veces en comparación con el primer muestreo; sin embargo, la eficacia no fue buena (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Conteo de huevos de nematodos gastrointestinales (NGI) en ovinos de un rebaño en Ayapango, Estado de México.

| Control (GI)    |             |               | Tratamiento Closantel (GII) |               |              |
|-----------------|-------------|---------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| No. Animal      | Día 0       | Día 14        | No. Animal                  | Día 0         | Día 14       |
| 1               | 500         | 6667          | 31                          | 2833          | 834          |
| 2               | 500         | 333           | 32                          | 167           | 0            |
| 3               | 0           | 0             | 33                          | 167           | 167          |
| 4               | 1167        | 2333          | 34                          | 1500          | 0            |
| 5               | 1883        | 2833          | 35                          | 1500          | 333          |
| 6               | 4000        | 5667          | 36                          | 4500          | 1500         |
| 7               | 5000        | 4000          | 37                          | 1000          | 167          |
| 8               | 333         | 1500          | 38                          | 4167          | 1667         |
| 9               | 0           | 12333         | 39                          | 2333          | 667          |
| 10              | 167         | 500           | 40                          | 3000          | 833          |
| <b>Promedio</b> | <b>1355</b> | <b>3616.6</b> |                             | <b>2116.7</b> | <b>616.8</b> |

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos en el estudio.

De acuerdo con la metodología mencionada por González-Garduño et al. (2014), en la que se considera solamente la reducción del número de huevos en heces entre el primer y segundo muestreo y contemplando solamente los datos del grupo bajo tratamiento, se obtuvo una eficacia del 70.86% para el Closantel (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Estimación de la eficacia del Closantel sobre la eliminación de huevos en ovinos de un rebaño en el municipio de Ayapango, Estado de México

| Tratamiento Closantel (GII) |         |         |              |
|-----------------------------|---------|---------|--------------|
|                             | (HPG 0) | (HPG 1) |              |
| No. Animal                  | Día 0   | Día 14  | Eficacia     |
| 31                          | 2833    | 834     | 70.56        |
| 32                          | 167     | 0       | 100.00       |
| 33                          | 167     | 167     | 0.00         |
| 34                          | 1500    | 0       | 100.00       |
| 35                          | 1500    | 333     | 77.80        |
| 36                          | 4500    | 1500    | 66.67        |
| 37                          | 1000    | 167     | 83.30        |
| 38                          | 4167    | 1667    | 60.00        |
| 39                          | 2333    | 667     | 71.41        |
| 40                          | 3000    | 833     | 72.23        |
|                             | 2117    | 617     | <b>70.86</b> |

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos en el estudio.

Aplicando el segundo método, la fórmula empleada para estimar el porcentaje de la reducción del conteo de huevos en la que se consideran también los valores del grupo Control (GI) fue:

$$\begin{aligned}
 PRCH &= 100 * \left(1 - \left[\frac{T2}{T1}\right] * \left[\frac{C1}{C2}\right]\right) \\
 &= 100 * \left(1 - \left[\frac{617}{2117}\right] * \left[\frac{1350}{3617}\right]\right) \\
 &= 100 * (1 - [0.291] * [0.373]) \\
 &= 100 * (1 - [0.1085]) \\
 &= 100 * (0.8915) \\
 &= \mathbf{89.15 \%}
 \end{aligned}$$

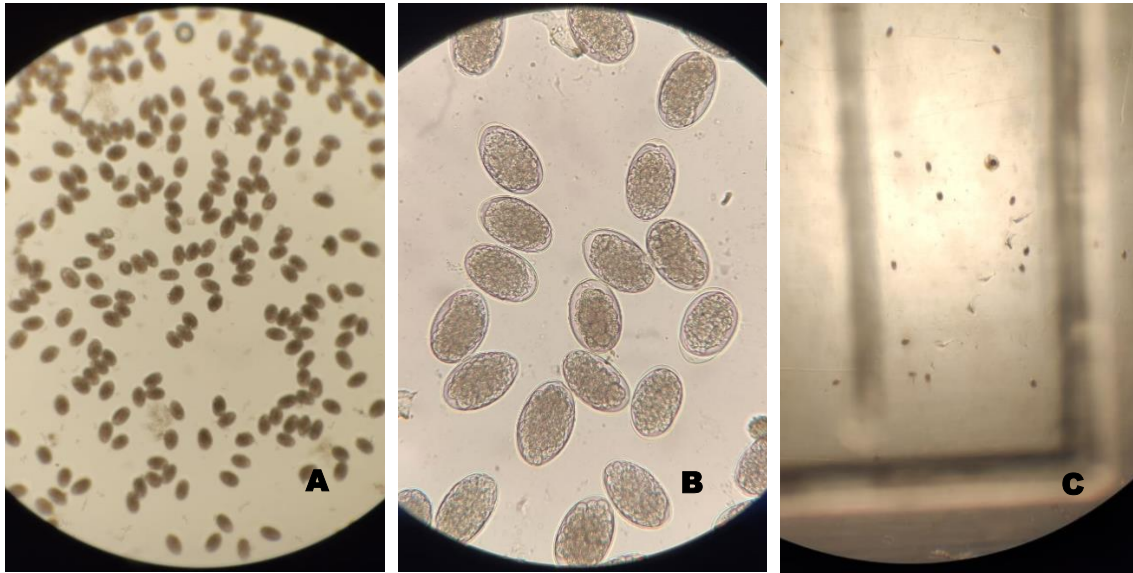
Finalmente, para diagnosticar la resistencia antihelmíntica con base en el cálculo del porcentaje de la reducción de huevos mencionado por Coles et al. (1992), se obtuvo:

$$\begin{aligned}PHR &= 100 \left(1 - \frac{\bar{x}_t}{x_c}\right) \\&= 100*(1- [617/3617]) \\&= 100*(1- 0.17) \\&= 100*(0.83) \\&= \mathbf{83\%}\end{aligned}$$

Mientras que el intervalo de confianza (IC 95%), se encontró entre 194.202 (límite inferior) y 1 039.798 (límite superior). El IC<sub>95%</sub> fue de 31.48%.

La eficacia del Closantel en el rebaño bajo estudio fue de 70.86%, con base en la reducción en el número de huevos en el grupo tratado (GII) entre en el Día 0 y Día 14, de acuerdo con la primera metodología (González-Garduño et al., 2014); en contraste con el 89.15% calculado por la segunda metodología, que estima el porcentaje de la reducción del conteo de huevos, integrando los valores de GI y GII (Dash et al.,1998).

Los resultados demuestran una elevada eliminación de huevos de NGI en el rebaño de ovinos en el que se realizó el estudio en el municipio de Ayapango (Figura 7); y tiene relevancia porque en las áreas en que pastorea este rebaño lo hacen los de otros productores del mismo municipio, además de que no solo pastorean ovinos, sino también bovinos, algunos caprinos y équidos; lo que pone riesgo la salud y producción de los animales (González y Berumen, 2009).



**Figura 7.** Huevos de nematodos gastrointestinales (NGI) encontrados en el estudio  
A) Huevos derivados de la prueba de Flotación a 4X; B) Huevos de NGI a 40X; C)  
Fragmento de la cámara de McMaster para el conteo de huevos de NGI a 10X.

Fuente: Fotografías tomadas por la tesista Magdalena Salgado Salinas.

## 8. DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó la eficacia antihelmíntica del fármaco Closantel como tratamiento para el control de NGI en un rebaño de ovinos, con una carga parasitaria promedio de 3617 HPG. De acuerdo con Hansen and Perry (1994), con base en el número de huevos por gramo de heces, en los ovinos los rangos de HPG asociados a los grados de infestación varían dependiendo del tipo de infección que se analice. En infecciones “puras” se realiza el conteo específico de huevos de determinada especie de parásito; en cambio, en las infecciones “mixtas” el conteo de los huevos es general, sin distinción alguna, tal como fue realizado en el presente estudio. Los rangos para infecciones mixtas son: Leve 50-800 HPG, Moderada de 800-1200 HPG y Grave cuando el HPG > 1200, por lo que el valor obtenido (3617 HPG) indica que hay una infección grave en los ovinos integrados en la investigación y que dicho valor es más que considerable para realizar un estudio de resistencia antihelmíntica (Coles et al., 2006).

Después de aplicado el tratamiento, los resultados obtenidos muestran que la disminución en el conteo de huevos en la prueba de campo, fue menor a la esperada con el uso del Closantel a la dosis recomendada por el fabricante de 10 mg/kg PC. Los porcentajes obtenidos mediante ambos métodos son más bajos que lo establecido en la hipótesis de alcanzar una eficacia de al menos el 95%. Con la primera metodología (González-Garduño et al., 2014) la reducción fue del 70.86%, y con la segunda metodología (Dash et al., 1998) de 89.15%, lo que lleva a rechazar la hipótesis planteada.

La eficacia obtenida mediante la diferencia en el conteo del número de huevos del primer y segundo muestreo (Día 0 y Día 14, respectivamente) de un 70.86% es considerada baja no solo para el fármaco Closantel, sino también en el uso de otros productos, ya que se espera un valor  $\geq 95\%$  para demostrar eficacia antihelmíntica. Cuando este parámetro disminuye, existe evidencia de parásitos resistentes (Cuéllar y Soberanis, 2013). Aunque el Closantel es considerado históricamente como un fármaco eficaz contra nematodos hematófagos, especialmente *Haemonchus spp.*, y para el tratamiento de otros parásitos de

pequeños rumiantes como el trematodo *Fasciola hepática* y las etapas larvales de la mosca *Oestrus ovis* (Mancilla et al., 2022), este valor obtenido, se encuentra por debajo del umbral del 95% establecido por la WAAVP para confirmar su eficacia. Lo mismo sucede con el valor calculado mediante la metodología de Dash et al. (1998) respecto a la reducción del conteo de huevos en la que se consideran los valores del grupo Control (GI), en la que se obtuvo un porcentaje de 89.15%.

Investigaciones en las que se ha evaluado de forma específica al Closantel, muestran diferencias dependiendo de las dosis y vías de administración. En un estudio realizado en el poblado de Ozumbilla, Municipio de Tecámac, Estado de México, con ovinos criollos de unidades de producción familiar parasitados de forma natural, se comparó la eficacia de dos dosis de Closantel administradas por vía subcutánea. Al GI se le administraron 2.5 mg/kg y al GII 5 mg/kg. La eficacia se evaluó a los 7, 14, 21, 28 y 35 días. Con base en los periodos de conteo, a los 7, 14 y 21 días GI (con 90, 88 y 89%) fue más efectivo que GII (86, 85 y 88%). Sin embargo, en los días 28 y 35 en GI el porcentaje fue menor (75 y 45%) que en GII (84 y 83%). Con base en los valores promedio, se determinó una eficacia de 77% para GI y de 86% para GII (Jiménez, 1988). Por su parte, Villagómez (2024) probó la eficacia del Prosantel 10% (1 mL/10 kg PV), cuyo principio activo es el Closantel (cada 100 mL contiene 10 g de closantel) para el control de nematodos gastrointestinales de ovinos de pelo en la localidad de Veracruz, Pastaza en Ecuador. A los 15 días post-tratamiento obtuvo una eficacia promedio de 88.09% que es superior al 70.86% obtenido en el presente estudio mediante la metodología del conteo de huevos entre el día 0 y el día 14.

Diferentes estudios en los que se compara la eficacia del Closantel con la de otros antihelmínticos, muestran diferencias en sus resultados. En algunos, la eficacia reportada de este fármaco es superior a la del presente estudio, como en el realizado por Palacios et al. (2015), en las instalaciones del INIFAP en el Municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit con ovinos de las razas Pelibuey y Blackbelly, en el que se comparó la actividad antihelmíntica de cuatro tratamientos: Ivermectina (5mg/25 kg PV, vía SC), Albendazol (100 mg/20 kg PV, vía oral), Closantel (50 mg/10 kg PV, vía oral) y Tetramisol fosfato (223 mg/50 kg PV, vía SC).

A los ocho días post-tratamiento se obtuvieron las mejores eficacias con 99%, 99%, 99% y 100%. A los 22 días la eficacia disminuyó a 69%, 62%, 25% y 75%, respectivamente. El Closantel fue administrado en la misma proporción que en el estudio, pero tuvo una mayor eficacia en menor tiempo (ocho días vs 14) de 99% vs 70.86%.

En otro estudio realizado en el Municipio de Suchiapa en Chiapas, México con ovinos de raza Pelibuey y Blackbelly, se comparó la eficacia del Levamisol (7.5 mg/kg PV vía SC) y Closantel (5 mg/kg PV vía SC). A los 14 días posteriores a la aplicación de los tratamientos, se obtuvo una eficacia para el Levamisol de 99.8% y para el Closantel de 96% (Pérez et al., 2019), lo que es significativamente superior al 70.86% obtenido en este estudio; sin embargo, debe considerarse que se utilizó una dosis de la mitad por vía subcutánea. Al respecto, Márquez (2007) señala que la biodisponibilidad del Closantel depende de la vía de administración, ya que el fármaco por vía oral, tiene una baja absorción; en cambio, por vía parenteral (subcutánea en este caso) la absorción es elevada, por lo que, en sentido estricto, estos resultados no pueden ser comparables.

En otros países, también se han desarrollado investigaciones en las que se compara la eficacia del Closantel. En Brasil, Costa et al. (2017); probaron la eficacia de cinco antihelmínticos contra parásitos de ovinos de la raza Corrediale e Ideal (Polwarth). Las dosis y vías de administración, fueron las siguientes: Nitrocinil 34% (2 mL/750 kg PC, Vía SC), Levamisol 18.8% (2 mL/40 kg PC, vía SC), Closantel 10% (1 mL/10 Kg PC, vía oral), Moxidectina 1% (1 mL/50 kg PC, vía SC) y Fenbendazol 10% (1 mL/20 kg PC, vía oral). Midieron la reducción en el conteo de huevos en heces a los 7, 14 y 21 días post-tratamiento. A los 14 días post-tratamiento (como punto de comparación con este estudio), las mayores eficacias correspondieron al Nitrocinil (95.9%), seguido por el Closantel (91.3%), el Levamisol (84.4%) y la Moxidectina (57.5%). Por su parte, Huaytalla (2024); estudió comparativamente la eficacia del Levamisol al 15% (5mg/kg PV) y Closantel al 5% (5 mg/kg PV) en un rebaño ovino del distrito de Acocro-Ayacucho en Perú. Aplicando la fórmula de diferencia de HPG entre el día inicial y final (14 días post-tratamiento), obtuvo la misma eficacia del 100% para ambos antihelmínticos a los 14 días post-tratamiento.

En otra investigación, Castillo (2025), evaluó de forma comparativa tratamientos con Closantel (5mL/10kg, PV) y Fenbendazol (1mL/10kg, PV) sobre nematodos gastrointestinales en ovinos criollos de una finca en Ecuador. Obtuvo una eficacia para el Closantel de 96.30% y para el Fenbendazol de 59.78%, mostrando que el Closantel resultó ser un mejor antihelmíntico que el Fenbendazol bajo estas condiciones experimentales. En todas estas investigaciones, las eficacias son significativamente mayores que la obtenida en este estudio (70.86%).

Aunque la mayoría de los trabajos citados reportan mayor eficacia para el Closantel que la alcanzada en el presente estudio (calculada por diferencia del HPG inicial y final), en una investigación realizada con ovinos de un rebaño mixto infectado de forma natural en Galicia, España, se comparó la eficacia de dos Salicilanilidas, la Oxiclozanida (15mg/kg PV, VO) y el Closantel (10 mg/kg PV, VO). A los 14 días después de aplicado el tratamiento, se obtuvieron mejores resultados con la Oxiclozanida (97.8%) que con el Closantel (40.7%) (García-Dios et al., 2020). En este caso, se utilizó la misma dosis y vía de administración que en este estudio, pero la eficacia se ubicó muy por debajo del 70.86%, con una diferencia del 29.9%.

Respecto a la segunda metodología empleada, Tejera (2021) realizó un estudio en la provincia de Buenos Aires con ovejas Hampshire Down, en la que siguió el método Dash de este estudio, para comparar la eficacia de los antihelmínticos más empleados para el control de parásitos. Encontró que la combinación Albendazol/Levamisol (Elevál®, 1 mL/5 kg PV, VO) tuvo una eficacia del 99.9%, el Closantel al 15% (Adevet C®, 1 mL/kg PV, VO) de 99.5%, el Albendazol al 3.8% (Vermex®, 1 mL/10 kg PV, VO) de 54.6% y la Ivermectina al 1% (Ivomec®, 1mL/50 kg PV, vía SC) de 53.2%, por lo que la eficacia para el Closantel fue superior a la del presente estudio (99.5% vs 89.15%).

Con base en los resultados obtenidos del cálculo de eficacia, considerando la reducción en el conteo de huevos entre el Día 0 (Inicio) y el Día 14 (Término) del tratamiento de los ovinos integrados en el estudio con Closantel, con un 70.86%; así como la calculada a partir del Porcentaje de la Reducción del Conteo de Huevos (PRCH) que integra datos del grupo Control (GI), con 89.15%; en ambos casos, la

eficacia de este antihelmíntico se clasifica como moderada, por ubicarse en el rango de 50-94% de acuerdo con el criterio de Salomon et al. (2024).

Por otra parte, para diagnosticar la resistencia antihelmíntica con base en la Prueba de Reducción del Conteo Fecal de Huevos de NGI en las Heces (PRCFH) de acuerdo con las recomendaciones de la WAAVP (Coles et al., 1992), se obtuvo un porcentaje del 83% con un  $IC_{95\%}$  fue de 31.48%. De acuerdo con estos autores, cuando la eficacia es menor al 95% y el valor porcentual del límite inferior es menor del 90%, existe resistencia antihelmíntica de los parásitos al fármaco aplicado en el tratamiento, por lo que en el presente estudio se identificó resistencia antihelmíntica de los parásitos de los ovinos del rebaño de Ayapango, Estado de México integrados en el estudio, al Closantel a la dosis sugerida por el fabricante, al obtener una PRCFH de  $83\% < 95\%$  y un  $IC_{95\%} < 90\%$ .

Siguiendo estas recomendaciones de la WAAVP, Suárez et al. (2023) evaluaron la eficacia por separado de los antihelmínticos y también en una mezcla, utilizando diferentes vías de administración. Compararon la acción del Closantel (5 mg/kg PC, vía SC) con la Moxidectina (0.2 mg/kg PC) y una combinación de ambas dosis (5 mg/kg PC + 0.2 mg/kg) obteniendo eficacias de 85%, 92% y 99%, respectivamente, a los 13 días post-tratamiento. También compararon los efectos antihelmínticos administrando vía oral los mismos fármacos a diferentes dosis: Closantel (10 mg/kg PC, VO), Moxidectina (0.2 mg/kg PC, VO) y combinados (10 mg/kg PC + 0.2 mg/kg), con eficacias de 84%, 80% y 99%, respectivamente. En ambas condiciones experimentales, el Closantel mostró mayor efectividad que la Moxidectina, aunque la aplicación combinada a las diferentes dosis y vías, resultó con una mayor efectividad. En este caso, el valor reportado para el Closantel a la misma dosis y vía de aplicación (10 mg/kg PV, VO) que las empleadas en el presente estudio, sólo se ubicó 1% por debajo de los resultados obtenidos (84% vs 83%). Estos resultados aportan evidencia de que los metabolitos con actividad biológica tanto de los basidiomas de *P. ostreatus*, así como del sustrato agotado rico en micelio y algunos primordios del hongo, conservan sus propiedades nematocidas después de la digestión *in vitro*, mostrando eficacia tanto en la inhibición de la eclosión de huevos como en la mortalidad de larvas de NGI

## 9. CONCLUSIÓN

El presente trabajo evaluó la eficacia del Closantel como antihelmíntico en un rebaño de ovinos del Municipio de Ayapango, Estado de México. Entre el Día 0 y el Día 14, el grupo Control (I) mostró un aumento del 166.94% (1355 a 3616.6), en el conteo de huevos por gramo de heces (HPG). En el cálculo de la eficacia del tratamiento administrado a los ovinos del GII (Closantel 10 mg/kg PC vía oral), a partir de la metodología de reducción del conteo de huevos entre el primer (Día 0) y segundo muestreo (Día 14), se obtuvo un 70.86%. En contraste, el porcentaje calculado a través del Porcentaje de la Reducción del Conteo de Huevos (PRCH) fue de 89.15%. Debido a que ambos valores se ubican en el rango de 50-94%, la efectividad del Closantel es moderada.

A partir del cálculo de la Prueba de Reducción del Conteo Fecal de Huevos en las Heces (PRCFH), se obtuvo un porcentaje del 89.15% con un límite inferior del IC95% de 31.48%. Debido a que ambos valores son menores al 95% y 90%, respectivamente, se descarta la hipótesis planteada y se concluye que los parásitos de los ovinos del estudio presentan resistencia antihelmíntica al Closantel.

## 10. REFERENCIAS

- Aguilar-Tipacamú, G. y Rodríguez- Vivas, R.I. (2002). Uso de la moxidectina para el tratamiento de los parásitos internos y externos de los animales. *Revista Biomédica*, 13 (1), 43-51. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v13i1.295>
- 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*, XVII (6), 577-587. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95911668005.pdf>
- Arece, G., Mahieu, M., Archimède, H., Aumont, G., Fernández, M., González, E., Cáceres, O. y Menéndez-Buxadera, A. (2004). Comparative efficacy of six anthelmintics for the control of gastrointestinal nematodes in sheep in Matanzas, Cuba. *Small Ruminant Research* 54(1-2), 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.11.001>
- Ayala, M.J., y Flores, C. (2021). Generalidades de *Oestrus ovis*: revisión bibliográfica. *Revista Veterinaria*, 32(2), 246-248. <https://www.cabidigital.library.org/doi/pdf/10.5555/20220237843>
- Bobadilla-Soto, E.E., Flores-Padilla, J.P., y Perea-Peña, M. (2017). Comercio exterior del sector ovino mexicano antes y después del Tratado de Libre Comercio con Norte América. *Economía y Sociedad*, XXI(37), 35-49. <https://www.redalyc.org/journal/510/51054506003/html/>
- Bobadilla-Soto, E.E., Ochoa-Ambriz, F., & Perea-Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 963-982. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>.
- Caballero, R. (2001). Typology of cereal-sheep farming systems in Castile-La Mancha (south-central Spain). *Agricultural systems*, 68 (3), 215- 232. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00009-9](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00009-9)

- Cabaret, J., Gonnord, V., Cortet, J., Sauvé, C., Ballet, J., Tournadre, H., Benoit, M. (2006). Indicators for internal parasitic infections in organic flocks: the diarrhoea score (Disco) proposal for lambs. Organic Congress 2006: Organic Farming and European Rural Development. Odense, DNK. 30-31 may, 2006: 552-553. <https://orgprints.org/id/eprint/7243/>
- Castillo, A. C. A. (2025). Evaluar la eficacia de antihelmínticos sobre nematodos gastrointestinales en ovinos de una finca de la parroquia San Sebastián, cantón Loja. *Tesis de Licenciatura*, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. <https://dspace.unl.edu.ec/items/7b323692-b74f-446c-a9ed-0ed775c9f3e8>
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., y Montañez-Valdez, O. D. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1). <https://doi.org/10.21897/rmvz.2246>.
- Coles, G.C., Bauer, C., Borgsteede, F.H.M., Geerts, S., Klei, T.R., Taylor, M.A., and Waller, P.J. (1992). World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 44, 35-44. [http://doi.org/10.1016/0304-4017\(92\)90141-u](http://doi.org/10.1016/0304-4017(92)90141-u)
- Coles, C.G., Jackson, F., Pomroy, W.E., Prichard, R.K., von Samson-Himmelstjerna, G., Silvestre, A., Taylor, M.A. and Vercruyse, J. (2006). The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance". *Veterinary Parasitology*, 136(3-4):167–185. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.11.019>
- Costa, P. T., Costa, R. TT. Mendonça, G. e Vaz, R.Z. (2017). Eficácia anti-helmíntica comparativa do Nitroxinil, Levamisol, Closantel, Moxidectina e Fenbendazole no controle parasitário em ovinos. *Boletim De Indústria Animal*, 74(1), 72-78. <https://doi.org/10.17523/bia.v74n1p72>
- Craig, T.M. (2018). Gastrointestinal nematodes, diagnosis and control. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 34(1):185-199.

<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.008>.

- Cuéllar, S. J. y Soberanis, T. C. (2013). Diagnóstico de nematodos gastroentéricos con resistencia a antihelmínticos en un rebaño ovino. Colegio Indoamericano. México. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-nacional-autonoma-de-mexico/parasitologia/diagnostico-de-nematodos-gastroentericos-con-resistencia-a-antihelminticos-en-un-rebano-ovino/123078964>
- Dash, K. M., Hall, E., & Barger, I. A. (1998). The role of arithmetic and geometric mean worm egg counts in faecal egg count reduction tests and in monitoring strategic drenching programs in sheep. *Australian Veterinary Journal*, 65(2), 66-68. <http://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1988.tb07359.x>
- De León, E., y Choque-López, J.A. (2021). El Método FAMACHA©. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/10-06-21\\_metodo\\_famacha](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/10-06-21_metodo_famacha)
- Díaz-Anaya, A.M., Chavarro-Tulcán, G.I., Pulido-Medellín, M. O., García-Corredor, D., y Vargas-Avella, J.C. (2017). Estudio coproparasitológico en ovinos al pastoreo en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Animal (La Habana)*, 39(1), 1-8. <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v39n1/rsa01117.pdf>
- Encalada, M. L.A., López, A. M.E., Mendoza, de G. P., Liébano, H. E., Vázquez, P. V., y Vera, Y. G. (2008). Primer informe en México sobre la presencia de resistencia a ivermectina en bovinos infectados naturalmente con nematodos gastrointestinales. *Veterinaria México*, 39(4), 423-428. <https://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v39n4/v39n4a6.pdf>
- FAOSTAT (2022). Food and agriculture data: Environment Livestock Trends. Statistics for Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/TP/visualize>
- Fierro, S. (2020). ANTIHELMÍNTICOS: guía para el uso en ovinos. Notas prácticas. Hoja Coleccionable N°92. Secretariado Uruguayo de la Lana. [https://www.sul.org.uy/descargas/des/92-Antihelm%C3%ADnticos\\_Sanidad.pdf](https://www.sul.org.uy/descargas/des/92-Antihelm%C3%ADnticos_Sanidad.pdf)

- Friedrich, T. (2014). La seguridad alimentaria: retos actuales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48 (4), 319-322. Recuperado el 20 de octubre del 2024 de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193033033001.pdf>
- Gabriel-Véjar, B. L., Vázquez-Luna, D., Martínez-Herrera, D. I., Villagómez-Cortés, J. A., Leyva-Ovalle, O. R., Torres-Barranca, J. I., & Zarza Villanueva, H. (2022). Spatial distribution models of seroreactive sheep to *Leptospira* spp. in Veracruz, Mexico. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(5), e1913-e1922. <https://doi.org/10.1111/tbed.14526>
- García-Dios, D., Díaz, P., Viña, M., Remesar, S., Prieto, A., López-Lorenzo, G., Díaz, C. J. M., Panadero, R., Déz-Baños, P. and López, C. M. (2020). Efficacy of Oxyclozanide and Closantel against Rumen Flukes (Paramphistomidae) in Naturally Infected Sheep. *Animals*, 10, 1943. <https://doi.org/10.3390/ani10111943>
- García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, C.D.J., Pulido, M.M.O., y Díaz, A.A.M. (2016). Uso de hongos nematófagos en el control biológico de nematodos gastrointestinales en ovinos. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 7(2), 40-49. <https://doi.org/10.22335/rict.v7i2.236>
- García-Rubio, V.G. y Ojeda-Carrasco, J.J. (2024). Hemoncosis: la parasitosis de mayor prevalencia e impacto en ovinos. *Albéitar*, 267,20-25. [https://www.portalveterinaria.com/pdfjs/web/viewer.php?file=%2Fupload%2Friviste%2FAlbeitar267\\_MR.pdf](https://www.portalveterinaria.com/pdfjs/web/viewer.php?file=%2Fupload%2Friviste%2FAlbeitar267_MR.pdf)
- Garduño, R. G., Hernández, G. T., Arellano, M. E. L., & de Gives, P. M. (2012). Resistencia antihelmíntica de nematodos parásitos en ovinos. *Revista de Geografía Agrícola*, (48-49), 63-74. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75730739005.pdf>

- González, G. y Berumen, A.C. (2009). *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Universidad Autónoma de Chapingo, Tabasco, México, 1-10.*
- 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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2014000300008>
- Greer, A. W., Van Wyk, J. A., Hamie, J. C., Byaruhanga, C. y Kenyon, F. (2020). Estrategias basadas en refugios para el control de parásitos en el ganado. *Clínicas Veterinarias: Práctica en Animales de Consumo*, 36 (1), 31-43.
- Hansen, J. and Perry, B. (1994). The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. International Laboratory for Research on Animal Diseases (ILRAD). Nairobi, Kenya. <https://hdl.handle.net/10568/49809>
- Hernández-Marín, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruiz Nieto, J. & Mireles, A., Cortez-Romero, C., Sánchez, J. (2017). Contribution of sheep breeding to the livestock sector in Mexico. *Agroproductividad* 10(3). 87-93. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/975/833>
- Herrera-Manzanilla, F.A., Ojeda-Robertos, N.F., González-Garduño, R., Cámara-Sarmiento, R. y Torres-Acosta, J.F.J. (2017). Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 9: 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.04.007>
- Huaytalla, Y. E. K. (2024). Efecto del levamisol 15% y el closantel 5% frente a nematodos gastrointestinales en ovinos criollos en época seca del anexo de Matará, distrito de Acocro-Ayacucho 2019. *Tesis de Licenciatura*, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/17f2e78d-c94a-4887-935e-028c48df9cf3/content>

- INEGI (2022). *Censo Agropecuario 2022*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/>
- Imperiale, F., & Lanusse, C. (2021). The pattern of blood–milk exchange for antiparasitic drugs in dairy ruminants. *Animals (Basel)*, 11(10),2758. <http://doi.org/10.3390/ani11102758>
- Islas-Moreno, A., Barrera-Perales, O. T., Aguilar-Ávila, J., y Muñoz-Rodríguez, M. (2020). Análisis financiero y económico en la elaboración y venta de un platillo tradicional: el caso de la barbacoa de ovino en México. *Custos e @gronegocio*, 16(1), 100-119. <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v16/OK%205%20barbacoa.pdf>
- Jabbar, A., Iqbal, Z., Kerboeuf, D., Ghulam, M., Khan, M.N., Afaq, M., (2006). Anthelmintic resistance: The state of play revisited. *Life Sciences*, 79(26), 2413-2431. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2006.08.010>
- Jiménez, B. M. R. (1988). Eficacia de Closantel (Flukiver) contra nematodos gastrointestinales de ovinos. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, México. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/pmig2017/0067924/Index.html>
- Junquera, P. (2021). *Strongyloides* spp., gusanos nematodos parásitos del intestino delgado en el ganado bovino, ovino, porcino, aviar, y en caballos: biología, prevención y control, [https://parasitipedia.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=164&Itemid=244](https://parasitipedia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=164&Itemid=244)
- Lanusse, C. E., Alvarez, L. I., Lifschitz, A. L., & Suárez, G. (2013). *Bases farmacológicas de la terapéutica antihelmíntica*. Editorial Hemisferio Sur, ISBN 978-9974-674-35-6. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/153452>
- Larroza, M., Soler, P., Robles, C., Cabrera, R., Canton, C., Lanusse, C., y Lifschitz, A. (2020). Falla en la eficacia de dos formulaciones de ivermectina contra *Psoroptes ovis* (Hering, 1838) en ovinos. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 19(1), 23-29. <https://doi.org/10.14409/favecv.v19i1.9292>

- López, R.O.A., González, G.R., Osorio, A.M.M., Aranda, I.E., y Díaz, R.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. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2841/2385>
- López-Rodríguez, G., Zaragoza-Bastida, A., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld Miranda, C., & Rivero-Perez, N. (2023). Nematodos gastrointestinales en ovinos y su resistencia antihelmíntica. Un tema en discusión de México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 10(2), 116-129. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100200116>
- Mancilla, M. M. G., Torres, A. J.F. J., Ayala, B. A.J. (2022). Dosis, excesos y reacciones adversas del closantel en ovinos y caprinos en México. *Bioagrocencias* 15(1):39-46. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/view/4255/1816>
- Márquez, L. D. (2003). Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control. *Revista Corpoic*, 4(1), 55-71. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol4\\_num1\\_art:14](https://doi.org/10.21930/rcta.vol4_num1_art:14)
- Márquez, L. D. (2007). Resistencia a los antihelmínticos en nematodos de rumiantes y estrategias para su control. Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y Conciencias. Bogotá, Colombia. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15457/43446\\_54911.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15457/43446_54911.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Márquez, L. D. (2014). Control sostenible de los nematodos gastrointestinales en rumiantes. Bogotá, Colombia: Corpoica, 2014. 368 p. [https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/parasitarias/parasitarias\\_bovinos/237-Control\\_sostenible.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/237-Control_sostenible.pdf)
- Medina, P., Guevara, F., La, M., Ojeda, N., y Reyes, E. (2014). Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nematodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 257-263. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v37n3/>

pyf01314.pdf

- Méndez-Lozano, M., Rodríguez-Reyes, E. J., & Sánchez-Zamorano, L. M. (2015). *Brucelosis, una zoonosis presente en la población: estudio de series de tiempo en México*. *Salud Pública de México*, 57(6), 519-527. <https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v57n6/v57n6a10.pdf>
- Molento, M. (2009). Parasite control in the age of drug resistance and changing agricultural practices. *Veterinary Parasitology* 163(3), 229–234. <http://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.06.007>
- Montalvo-Aguilar, X., López, A.M.E., Vázquez, P.V., Liébano, H.E., Mendoza, y de G. (2006). Resistencia antihelmíntica de nematodos gastroentéricos en ovinos a fenbendazol e ivermectina en la región noroeste del estado de Tlaxcala. *Técnica Pecuaria en México*, 44(1), 81-90. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61344107.pdf>
- Mphahlele M., Molefe N., Tsotetsi-Khambule A., Oriél T. (2019). Anthelmintic resistance in livestock. In: Olayinka, O.O. (Ed.). *Helminthiasis*, IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.87124>.
- Ojeda, C. J. J., García, R. V. G., Hernández, G. P. A., Espinosa, A. E. (2022a). Perspectivas de la ovinocultura en el impulso del desarrollo rural de la Región de Amecameca, Estado de México. En García, R.V.G. (Comp.) *Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (Pleurotus spp.) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural* (pp. 271-313). Editorial Río Subterráneo, Toluca, Estado de México.
- Ojeda, C. J.J., García, R. V.G., Hernández, G. P.A., Espinosa, A. E. y Márquez, M.O. (2022b). Principales enfermedades que afectan la productividad ovina e inocuidad alimentaria. En García, R.V.G. (Comp.) *Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (Pleurotus spp.) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural* (pp. 345-430). Editorial Río Subterráneo, Toluca, Estado de México.

- Ortiz, T. M. (2016). Eficacia antihelmíntica de ivermectina, moxidectina, levamisol y albendazol en unidades de producción de becerros de doble propósito en Veracruz, México. *Tesis de Maestría en Ciencia Animal*, Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/server/api/core/bitstreams/07287acf-544b-4322-a98f-ed4bb796fd09/content>
- Palacios, F. A., Martínez, V. A. y Cárdenas, S. A. (2015) Comparación de la efectividad antihelmíntica en ovinos de pelo en condiciones de pastoreo semiextensivo. En: Luna, P. C., Berumen, A. A. C y Chay, C. A. J. (Editores). *Tópicos selectos en producción y sanidad ovina. Aplicaciones de la genómica en la ovinocultura*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, pp. 147-151. <https://ri.ujat.mx/bitstream/200.500.12107/4010/1/To%CC%81picos%2BSelectos%2Ben%2BProduccio%CC%81n%2BBy%2BSanidad%2BOvina.pdf#page=147>
- Papadopoulos, E. (2008). Anthelmintic resistance in Sheep nematodes. *Small Ruminant Research*, 76 (1-2), 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.12.012>
- Pérez, G. Z., Aguilar, A. M. M., Sánchez, P. H., Reyes, G. M. E., Peralta, L. M., y Oliva, V. A. (2019). Eficiencia del tratamiento contra nematodos gastroentéricos en una unidad de producción ovina, *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 17 (Supl 1), 438-440. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20193459943>
- Pérez-Cogollo, L. C., Rodríguez-Vivas, R. I., Basto-Estrella, G. S., Reyes-Novelo, E., Martínez-Morales, I., Ojeda-Chi, M. M. y Favila, M.E. (2018). Toxicity and adverse effects of macrocyclic lactones on dung beetles: a review. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(4), 1293- 1314. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2508>
- Quiroz, R. H., Figueroa, C. J.A., Ibarra, V. F. y López, A. M. E. (Eds). (2011). *Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos*. México: UNAM/INIFAP.

- Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A., y Mendoza-de Gives, P. (2021). Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(Supl. 3), 186-204. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5840>
- Reyna-Fuentes, J. H., Zapata-Campos, C. C., Torres-Acosta, J. F. J., Salinas-Chavira, J., y Cruz-Bacab, L. E. (2023). Desparasitación selectiva dirigida a ovinos Dorper en una granja del centro de Tamaulipas, México. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 1(1), 32-46. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i1.8>
- Rueda, Q. L. D. (2022). Contribución del sistema de producción ovino del Municipio de Juchitepec a la Ovinocultura del Estado de México. En García, R.V.G. (Comp.) *Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (Pleurotus spp.) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural* (pp. 315-333). Editorial Río Subterráneo, Toluca, Estado de México.
- SADER (29 de noviembre de 2017). La ovinocultura, una actividad muy arropadora. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-ovino-cultura-una-actividad-muy-arropadora>
- Salgado-Moreno, S., Carrillo-Díaz, F., Escalera-Valente, F., y Delgado-Camarena, C. (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>
- Salomon, L., Haile, G., Ahmed, N. A., Abdeta, D., Galalcha, W., and Hailu, Y. (2024). Epidemiology and field efficacy of anthelmintic drugs associated with gastrointestinal nematodes of sheep in Nejo district, Oromia, Ethiopia. *Scientific Reports* 14, 6841. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55611-7>
- Sangster, N. C. (2001). Managing parasiticide resistance. *Veterinary Parasitology* 98:89-109. [http://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00425-3](http://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00425-3)
- Saumell, C.A., & Fernández, A.S. (2000). Hongos nematófagos para el control

biológico de nematodos parásitos de rumiantes. *Revista de Medicina Veterinaria*,81, 270-273. <https://www.researchgate.net/publication/232181082>

Sepúlveda-Vázquez, J., Lara-Del Río, M.J., Vargas-Magaña, J.J., Quintal-Franco, J.A., Alcaraz-Romero, R.A., Ojeda-Chi, M.M., Rodríguez-Vivas, R.I., Mancilla-Montelongo, G., González-Pech, P.G. & Torres-Acosta, J.F.J. (2021). Frequency of sheep farms with anthelmintic resistant gastrointestinal nematodes in the Mexican Yucatán peninsula. *Veterinary Parasitology, Regional Studies and Reports*, 24: 1 00549. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100549>

SIAP (2020). *Panorama Agroalimentario 2020*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Ciudad de México. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020)

SIAP (2022). *Panorama Agroalimentario 2022*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Ciudad de México. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2022/Panorama-Agroalimentario-2022](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2022/Panorama-Agroalimentario-2022)

Soca M, Roque E, Soca M. (2005) Epizootiology of gastrointestinal nematodes in young bovines. *Pastos y Forrajes*,28(3):175-85. <https://www.researchgate.net/publication/303986716>

Suárez, G., Castells, D., Imperiale, F., Fagiolino, P., Canton, C. Lanusse, C., Álvarez, L. (2023). Therapeutic advantages of the combined use of closantel and moxidectin in lambs parasitized with resistant gastrointestinal nematodes. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 23, 28-36. <http://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2023.07.004>

Taylor, M.; K. Hunt, y K. Goodyear. (2002). "Anthelmintic resistance detection methods". *Veterinary Parasitology* 103(3),183–194. [http://doi.org/10.1016/S0304-4017\(01\)00604-5](http://doi.org/10.1016/S0304-4017(01)00604-5)

Tejera, A. (2021). Determinación de la eficacia antiparasitaria mediante la aplicación de un test de reducción de conteo de huevos (TRCH) en una cabaña de

- ovejas Hampshire Down en Fortín Tiburcio, partido de Junín, provincia de Buenos Aires. *Tesis de Especialización en Diagnóstico de Laboratorio Veterinario*, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/147992>
- Thienpont D., Rochette, F., y Vanparijs, O.F.J. (1986). *Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico*. Janssen Research Foundation, Beerse, Bélgica, pp 19-43.
- Toro, A., Rubilar, L., Palma, C., y Pérez, R. (2014). Resistencia antihelmíntica en nematodos gastrointestinales de ovinos tratados con ivermectina y fenbendazol. *Archivo de Medicina Veterinaria*. 46(2), 247-252. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2014000200010>
- Torres, A. (2001). Diagnóstico y control de resistencia antihelmíntica en pequeños rumiantes. Memorias Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura. Curso Ovinotecnia. Pachuca, Hgo.
- Torres, A., Dzul, C.U., Aguilar, A., y Rodríguez, R. (2003). Prevalence of benzimidazole resistant nematodes in sheep flocks in Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 114(1), 33–42. [http://doi.org/10.1016/s0304-4017\(03\)00076-1](http://doi.org/10.1016/s0304-4017(03)00076-1)
- Torres-Acosta, J. F. J., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. J., Canul-Ku, H. L., y Pérez-Cruz, M. (2009). Estrategias de desparasitación selectiva dirigida. *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico*. Universidad Autónoma de Chapingo, CRUSE, Tabasco, México, 50-62.
- Torres-Acosta, J.F.J., Hoste, H., Sandoval-Castro, C.A., Torres-Fajardo, R.A., Ventura-Cordero, J., González-Pech, P.G., Mancilla-Montelongo, G., Ojeda-Robertos, N.F. y Martínez-Ortiz-de-Montellano, C. (2019). The “Art of War” against gastrointestinal nematodes in sheep and goat herds of the tropics. *Revista Acadêmica: Ciência Animal* 17 (Supl. 1), 39–46. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20193456155>
- Valladares-Carranza, B., Ortega-Santana, C., Velázquez-Ordoñez, V., Vega-

- Castillo, L. F., Sánchez-Torres, J. E., Delgadillo-Ruiz, L., Bañuelos-Valenzuela, R., Rivero-Pérez, N., Zaragoza-Bastida, A., y Ocampo-Varón, V.D. (2024). Diagnóstico de parásitos gastrointestinales en ovinos durante el período 2018-2021 en el Estado de México, México. *Revista de Medicina Veterinaria*, (49), e0004-e0004. <http://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss49.4>
- Vargas-Bello-Pérez, E., López, D. C.A., Ruiz-Romero, R. A., Chay-Canul, A.J., Lee-Rangel, H.A., Gonzalez-Ronquillo, M., Ghavipanje, N., y Tajonar, K. (2023). Una breve actualización sobre la producción ovina en México: Retos y Perspectivas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 26(101), 1-19. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4872>
- Vázquez-Martínez, I., Jaramillo-Villanueva, J. L., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., Calderón-Sánchez, F., Torres-Hernández, G., y Pittroff, W. (2018). Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 85-97. <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n1/1870-5472-asd-15-01-85.pdf>
- Vélez, A., Espinosa, J.A., De la Cruz, L., Rangel, J., Espinoza, I., y Barba, C. (2016). Caracterización de la producción de ovino de carne del estado de Hidalgo, Mexico. *Archivos de Zootecnia*, (Córdoba, España), 65(251), 425-428. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49549092023.pdf>
- Vidyashankar, A., Hanlon, B., y Kaplan, R. (2012). Statistical and biological considerations in evaluating drug efficacy in equine strongyle parasites using fecal egg count data. *Veterinary Parasitology*, 185(1):45-56. <http://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.10.011>
- Villagómez, M. M. M. (2024). Diagnóstico de la prevalencia endoparasitaria en ovinos de pelo de la Quinta Alicia, Parroquia, Veracruz, Pastaza. *Tesis de Licenciatura*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/90a369df-51e2-4fa2-8807-7cf51d3368d1>
- Zaragoza-Vera, C.V., Aguilar-Caballero, A.J., González-Garduño, R., Arjona-

Jiménez, G., Zaragoza-Vera, M., Torres-Acosta, J.F.J., Medina-Reynés, J. U., & 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. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-06201-w>.