



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

**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE
NEMATODOS GASTROINTESTINALES (NGI) A LA
IVERMECTINA, EN UN REBAÑO OVINO DE
AYAPANGO, ESTADO DE MÉXICO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

ABIGAIL DE LA ROSA MARTÍNEZ

ASESORA:

DRA. VIRIGINIA GUADALUPE GARCÍA RUBIO

CO-ASESOR:

DR. JUAN JOSÉ OJEDA CARRASCO

AMECAMECA DE JUÁREZ, MÉXICO, JULIO DE 2026

RESUMEN

En la actualidad, el sector ovino tiene gran relevancia al producir una diversidad de productos de alta calidad como carne, leche, lana y piel, que representan fuentes de ingresos para los productores. Sin embargo, dentro de los factores que pueden influir de forma negativa con el desarrollo de este sector, se encuentran el clima, la disponibilidad de recurso; las pérdidas causadas por parasitosis, siendo estas, las que representan los mayores impactos, en especial las provocadas por nematodos gastrointestinales. El uso de antihelmínticos como medida de control, de forma progresiva está reduciendo su eficacia por el desarrollo de resistencia de los parásitos. Esto en gran medida por la administración indiscriminada sin asesoría veterinaria y la dosificación inadecuada, entre otras causas. Esta resistencia antihelmíntica varía entre un antihelmíntico y otro, en un mismo rebaño, entre rebaños de la misma localidad y de diferentes regiones. El objetivo de la presente investigación fue determinar la resistencia de nematodos gastrointestinales (NGI) a la Ivermectina, en un rebaño ovino de Ayapango, Estado de México. El estudio realizado con ovinos de un rebaño del Municipio de Ayapango está integrado a uno más amplio en el que se probaron diferentes antihelmínticos. Para la prueba en campo, fueron integrados dos grupos con 10 ovinos cada uno, seleccionados al azar: Al Grupo Control (G1) le fue administrado 2 ml de solución salina fisiológica, vía IM como placebo y al Grupo Experimental (G2), Ivermectina al 1% (0.2 mg/kg peso corporal, vía SC). Al inicio del tratamiento (Día 0) y al final (Día 14), fueron colectadas muestras coprológicas de 5-10g directamente del recto, para determinar el número de huevos por gramo de heces (HPG), empleando la técnica de McMaster. Con base en los conteos inicial (Día 0) y final (Día 14), fue determinada la eficiencia antihelmíntica a través del cálculo de la Prueba de Reducción del Conteo Fecal de Huevos (PRCFH), siguiendo el método que compara ambos resultados para G2, así como desde un segundo método que compara los resultados de G1 y G2. La determinación de la resistencia antihelmíntica, consideró los criterios de la WAAVP, calculando la PRCH y el valor porcentual del límite inferior con un índice de confianza del 95%. Con base en los criterios de la WAAVP, debido a que el valor de PRCH=72.82 es <95% y el límite inferior IC95% = 19.29% <90%,

se concluye que los NGI de los ovinos integrados en el experimento presentan resistencia antihelmíntica a la Ivermectina.

Palabras clave: Parásitos gastrointestinales, Eficacia antihelmíntica, Resistencia Antihelmíntica, McMaster, Recuento de huevos fecales.

ABSTRACT

Currently, the sheep sector has great relevance by producing a diversity of high-quality products such as meat, milk, wool and skin, which represent sources of income for producers. However, within the multiplicity of factors that can negatively influence the development of this sector such as climate, resource availability; Losses caused by parasitosis represent the greatest impacts, especially those caused by gastrointestinal nematodes. The use of anthelmintics as a control measure is progressively reducing their effectiveness due to the development of parasite resistance. This is largely due to indiscriminate administration without veterinary advice and inadequate dosing, among other causes. This anthelmintic resistance varies between one anthelmintic and another, in the same herd, between herds from the same locality and from different regions. The objective of the present investigation was to determine the resistance of gastrointestinal nematodes (GIN) to Ivermectin, in a sheep flock from Ayapango, State of Mexico. The study carried out with sheep from a flock in the Municipality of Ayapango integrated into a larger one in which different anthelmintics were tested. For the field test, two groups integrated with 10 sheep each, selected at random: The Control Group (GI) was administered 2 mL of physiological saline solution, via IM as a placebo, and the Experimental Group (G2), 1% Ivermectin (0.2 mg/kg BW, via SC). At the beginning of treatment (Day 0) and at the end (Day 14), stool samples of 5-10g collected directly from the rectum, to determine the number of eggs per gram of feces (HPG), using the McMaster technique. Based on the initial (Day 0) and final (Day 14) counts, the anthelmintic efficiency was determined through the calculation of the Fecal Egg Count Reduction Test (PRCFH), following the method that compares both results for GII, as well as from a second method that compares the results of GI and GII. The determination of anthelmintic resistance considered the WAAVP criteria, calculating the PRCH and the percentage value of the lower limit with a confidence index of 95%. Based on the WAAVP criteria, because the value of PRCH=72.82 is <95% and the lower limit IC 95% = 19.29% <90%, it is concluded that the GIN of the sheep integrated in the experiment present anthelmintic resistance to Ivermectin.

Keywords: Gastrointestinal parasites, Anthelmintic efficacy, Anthelmintic resistance, McMaster, Fecal egg count.

v. ÍNDICES

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 SECTOR DE PRODUCCIÓN OVINO (OVINOCULTURA)	5
4.1.1 Situación mundial de la producción ovina.....	5
4.1.2 Situación nacional de la producción ovina.....	6
4.1.3 Sistemas de producción ovina.....	9
4.1.3.1 Sistema intensivo	9
4.1.3.1.1 Pastoreo tecnificado	10
4.1.3.1.1.1 Zonas templadas	11
4.1.3.1.1.2 Zonas tropicales	11
4.1.3.1.2 Estabulación	12
4.1.3.2 Sistema intensivo mixto.....	13
4.1.3.3 Sistema extensivo	13
4.1.3.4 Sistema mixto o semi intensivo	15
4.2 PROBLEMÁTICA DE LA OVINOCULTURA	16
4.2.1 Problemas reproductivos	16
4.2.2 Condiciones climáticas	17
4.2.3 Depredación	17
4.2.4 Enfermedades en el ganado ovino	18
4.2.4.1 Enfermedades metabólicas y carenciales	19
4.2.4.2 Enfermedades infectocontagiosas (bacterianas, virales, fúngicas y priónicas)	19
4.3 ENFERMEDADES PARASITARIAS	20
4.3.1 Ectoparásitos	20
4.3.2 Endoparásitos.....	21
4.3.3 Protozoarios	21

4.3.4 Helmintos.....	21
4.3.4.1 Cestodos	22
4.3.4.2 Trematodos	23
4.3.4.3 Nematodos.....	23
4.3.4.3.1 Características generales	24
4.3.4.3.2 Características fisiológicas	25
4.3.4.4 Nematodos pulmonares	29
4.3.4.5 Nematodos gastrointestinales (NGI)	29
4.4 TIPOS DE CONTROL DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES	42
4.4.1 Control físico.....	42
4.4.1.1 Manejo de pastoreo.....	42
4.4.1.2 Empleo de plantas con actividad antihelmíntica.....	43
4.4.1.3 Uso de partículas de cobre o agujas de cobre	45
4.4.2 Control biológico	46
4.4.2.1 Uso de hongos nematófagos	46
4.4.2.2 Selección genética	47
4.4.3 Control químico	48
4.4.3.1 Imidazotiazoles / Tetrahidropirimidinas	51
4.4.3.2 Benzimidazoles	51
4.4.3.3 Salicilanilidas.....	52
4.4.3.4 Lactonas macrocíclicas	52
4.4.3.4.1 Ivermectina	54
4.4.3.4.1.1 Farmacodinamia	54
4.4.3.4.1.2 Farmacocinética	55
4.4.3.4.1.3 Espectro de actividad	56
4.4.3.4.1.4 Vías de administración	57
4.4.3.4.1.5 Contraindicaciones y precauciones	59
4.5 RESISTENCIA ANTIHELMÍNTICA (RA)	59
4.5.1 Tipos de resistencia.....	60
4.5.2 RA reportada a las lactonas macrocíclicas.....	62
4.5.3 Estrategias para reducir la resistencia antihelmíntica.....	64
4.5.3.1 Rotación del principio activo.....	64
4.5.3.2 Desparasitación selectiva dirigida	64

4.5.4 Métodos diagnósticos y de monitoreo de las parasitosis por NGI .	64
4.5.4.1 Escala o método FAMACHA®	65
4.5.4.2 Calificación de la Condición Corporal (CC)	66
4.5.4.3 Indicador de diarrea	67
4.5.4.4 Conteo de Huevos Por Gramo de heces (HPG)	68
4.5.4.5 Hematocrito	68
V. OBJETIVOS	71
VI. HIPÓTESIS	72
VII. MATERIAL Y MÉTODOS	73
7.1 Tipo de investigación	73
7.2 Localización	73
7.3 Universo de trabajo	74
7.4 Diseño experimental	74
VIII. RESULTADOS	80
IX. DISCUSIÓN	85
X. CONCLUSIÓN	87
XI. REFERENCIAS	88

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características generales de <i>Haemonchus contortus</i>	31
Cuadro 2. Características generales de <i>Ostertagia trifurcata</i>	32
Cuadro 3. Características generales de <i>Teladorsagia circumcincta</i>	33
Cuadro 4. Características generales de <i>Trichostrongylus axei</i>	34
Cuadro 5. Características generales de <i>Strongyloides papillosus</i>	35
Cuadro 6. Características generales de <i>Bunostomum trigonocephalum</i>	36
Cuadro 7. Características generales de <i>Cooperia curticei</i>	37
Cuadro 8. Características generales de <i>Chabertia ovina</i>	38
Cuadro 9. Características generales de <i>Nematodirus filicollis</i>	39
Cuadro 10. Características generales de <i>Trichuris ovis</i>	40
Cuadro 11. Características generales de <i>Oesophagostomum columbianum</i>	41
Cuadro 12. Grupos de antihelmínticos más comunes y disponibles en el mercado	50
Cuadro 13. Espectro de actividad de la IVM.....	56
Cuadro 14. Tiempos de espera recomendados post-tratamiento con IVM para el consumo de carne y leche	58
Cuadro 15. Indicadores de fenotipo para la selección de animales a desparasitar.....	70
Cuadro 16. Diseño experimental	75
Cuadro 17. Resultados de la prueba de flotación y McMaster (HPG) para el grupo control (SSF)	80
Cuadro 18. Resultados de la prueba de flotación y McMaster (HPG) para el grupo experimental (IVERMECTINA)	81
Cuadro 19. Conteo de HPG en el día 0 y día 14 en el grupo control y experimental.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura morfológica general de nematodos adultos (A) Macho, (B) Hembra	25
Figura 2. Principales géneros de nematodos gastrointestinales que parasitan a los ovinos en México	42
Figura 3. Esquema de rotación de praderas usando 10 potreros con 3 días de uso en cada potrero y 30 días de descanso. El mismo esquema puede servir para 4 días de uso y 40 días de descanso	43
Figura 4. A. Agujas de óxido de cobre, B. Se aprecian las agujas de óxido de cobre saliendo de una cápsula mordida por un caprino	45
Figura 5. Larva infectante (L3) de <i>Haemonchus contortus</i> atrapada en una red de anillos tridimensionales del hongo	47
Figura 6. Razas de ovinos de pelo que han demostrado gran resistencia contra los nematodos gastrointestinales: (A) Panza Negra macho, (B) Pelibuey macho	48
Figura 7. Compilación de estudios sobre resistencia antihelmíntica realizados en el sureste mexicano	63
Figura 8. Aplicación correcta del método FAMACHA®	65
Figura 9. Escala de clasificación corporal	67
Figura 10. Región I “Amecameca”	73
Figura 11. Ovino con la presencia de decaimiento	76
Figura 12. Ovino con la presencia de edema submandibular del rebaño de investigación.....	76
Figura 13. Observación de la coloración de las mucosas de un ovino del rebaño de investigación	77
Figura 14. Cordero del rebaño de investigación hallado sin vida	77
Figura 15. Día 0, administración de tratamiento de ambos grupos	78
Figura 16. Observación de huevos de NGI, 40X	79

I. INTRODUCCIÓN

El parasitismo por nematodos gastrointestinales es una barrera en la producción de rumiantes, generando efectos que varían desde la disminución del peso hasta la muerte en casos graves. Estos nematodos son de localización cosmopolita y están inevitablemente asociados a los animales en pastoreo y toda práctica de producción animal que contemple el aprovechamiento racional de forrajes.

Para lograr que los animales puedan alcanzar su máximo potencial productivo, es fundamental el control de parásitos a través de la aplicación adecuada de antihelmínticos (Coffey, 2015). Una administración racional de estos fármacos previene pérdidas económicas significativas causadas por retrasos en el desarrollo, disminución en la ganancia de peso, menor producción y, en casos graves, la muerte del animal (Pérez-López, 2011).

El uso continuo e indiscriminado de antihelmínticos puede provocar que los parásitos desarrollen resistencia antihelmíntica, lo que compromete la eficacia de estos medicamentos para controlar las infestaciones (Cristel y Suárez, 2006).

Como resultado de este manejo y la aplicación de estrategias desacertadas, se ha favorecido el desarrollo de resistencia a los antihelmínticos (Van Wyk, 2001).

La resistencia antihelmíntica (RA) se define como la capacidad heredable de los parásitos de sobrevivir a tratamientos con drogas antihelmínticas a dosis terapéuticas que normalmente causan la inhibición del crecimiento o muerte del parásito (Prichard, 1994). Al inicio del desarrollo de la resistencia, solo una pequeña parte de la población parasitaria posee tolerancia genética al tratamiento. Ante numerosas desparasitaciones con un mismo antihelmíntico, la población mayoritariamente susceptible muere y sobreviven de esta forma los individuos resistentes que, luego de los sucesivos tratamientos, aumentan en número favoreciendo la presencia de genes resistentes, que son heredados a futuras generaciones de parásitos, promoviendo la instalación del fenómeno conocido como resistencia (Capello et al., 2020). Por lo cual, se ha impulsado la necesidad

de investigar y determinar el nivel de resistencia en un rebaño ovino de aproximadamente 280 ovejas criollas de lana, con un peso promedio de entre 42 y 45 kg, en sistema semi- intensivo, residentes del Municipio de Ayapango, Estado de México, a través de la aplicación de la prueba de reducción del conteo fecal de huevos de nematodos, (PRCFH), por ser económica, práctica y no necesitar de un equipamiento sofisticado. Dicha prueba provee una evaluación de la eficacia antihelmíntica a través de la comparación del conteo de huevos por gramo de materia fecal (HPG) entre animales que reciben tratamiento (Ivermectina) y un grupo de animales testigo sin tratamiento (Cristel y Suárez, 2006).

Para el conteo de huevos de nematodos presentes en las muestras de heces de cada ovino, se utilizó la prueba cuantitativa de flotación de McMaster, un método coproparasitoscópico que se basa en el principio de flotación, el cual se realiza usando una cámara de recuento especial de los huevos presentes en una determinada muestra de heces, expuestas a una solución sobresaturada de cloruro de sodio, se separan de la masa fecal ubicándose en la superficie de dicho líquido (Capello et al., 2020), para así establecer el porcentaje de reducción de huevos ante el efecto de la ivermectina dentro de dicho rebaño.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el sector ovino es importante ya que gracias a su producción pueden obtenerse gran diversidad de productos de alta calidad como son la carne, lácteos, lana y piel. Además de sostener el medio rural, prevenir la erosión del suelo, los incendios y conservar la biodiversidad en paisajes difíciles, entre otros. En muchas comunidades vulnerables del mundo, la ovinocultura representa un medio de subsistencia familiar, tanto por la disponibilidad de carne y leche para el autoconsumo, como por los ingresos adicionales que las familias rurales obtienen de la venta de corderos, pies de cría o de productos artesanales elaborados con la lana. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias su producción se ve afectada, como lo son el robo de animales, el clima, la alimentación, enfermedades bacterianas, víricas y sobre todo las parasitarias, las cuales van a generar un efecto negativo en los ovinos produciendo diarreas, pérdida del apetito, bajo peso, una conversión alimenticia inadecuada, edema, retardo en el crecimiento, anemia y en casos graves la muerte, y como consecuencia generarán pérdidas económicas para el productor.

Tradicionalmente los productores utilizan el control químico para la desparasitación de animales pero a pesar del uso extendido de la Ivermectina, una lactona macrocíclica la cual ha sido empleada en medicina humana y veterinaria para el tratamiento contra endo y ecto parásitos y su amplio espectro contra nematodos y artrópodos, su eficacia se ha visto amenazada por su uso incorrecto, como la dosificación inadecuada, la aplicación repetida o la periodicidad de su aplicación e incluso, el mal manejo del medicamento como lo es su almacenamiento y aplicación de productos caducos, lo que dará como resultado resistencia a los productos antihelmínticos y efecto nulo a este mismo.

III. JUSTIFICACIÓN

En 1977, se reportó el primer informe de resistencia antihelmíntica en Estados Unidos; posteriormente, entre 1993 y 1995 en Escocia y África se reportaron casos de resistencia antihelmíntica al Fenbendazol y a la Ivermectina. Desde estos reportes iniciales, esta problemática se ha ido extendiendo por todo el mundo incrementando el número de publicaciones que indican la afectación en animales domésticos, principalmente bovinos, pequeños rumiantes y equinos; situación que de la misma manera ha estado presente en territorio mexicano; por lo tanto, el presente trabajo buscó informar sobre el estado de la resistencia antihelmíntica a nivel regional en un rebaño del Municipio de Ayapango, para lo cual se realizó el diagnóstico de la resistencia a la ivermectina de los nematodos gastrointestinales mediante el conteo fecal de huevos de nematodos y de esta manera proponer estrategias de control efectivas ante la posible disminución de la efectividad de los antihelmínticos.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 SECTOR DE PRODUCCIÓN OVINA (OVINOCULTURA)

4.1.1 Situación mundial de la producción ovina

La oveja doméstica (*Ovis aries*) es una especie muy versátil y de gran adaptabilidad a diferentes sistemas de producción, destacando sus contribuciones en la disponibilidad de alimentos (leche y carne), así como en la obtención de subproductos elaborados a partir de la lana y cueros. A nivel mundial, existen diferentes razas con características particulares que les permiten adaptarse tanto a las condiciones climáticas como ambientales, así como a diversos usos que se les da en las distintas regiones. Estos van desde las frías y húmedas zonas montañosas del norte de Europa hasta las zonas áridas de África, Asia y Australasia. Una de las grandes ventajas de esta especie, es la utilización de grandes extensiones donde las ovejas consumen los pastos nativos durante el pastoreo. Se crían en una amplia gama de sistemas de producción en todo el mundo, lo que refleja las condiciones ambientales y los contextos socioeconómicos predominantes (FAO, 2024).

Con base en las cifras globales reportadas por FAOSTAT (*Food and Agriculture Organization of the United Nations-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*) el número de cabezas ovinas aumentó en un 16% en el periodo 2000 – 2019 (FAOSTAT, 2020). Las regiones en las que más se incrementó el censo de ganado ovino para este período, fueron África con más de 155 millones de cabezas (Mc) y Asia (~114 Mc). Por otra parte, las regiones con mayor disminución de censo de ganado ovino para el mismo período fueron Oceanía (menos de 68 millones de cabezas aproximadamente) y Europa (menos de 21 millones de cabezas aproximadamente) (Orellana, 2020).

En 2022, la producción mundial de carne ovina registró un descenso de 0.5 Millones de toneladas (Mt), al alcanzar los 10 (Mt); siendo 2021, el año en que se alcanzó la cifra más alta de acuerdo con las cifras registradas en los últimos 10 años (Orus, 2024).

En el ámbito internacional, la oferta y la demanda están siendo determinantes en la ovinocultura mundial. Tan sólo en 2023, los altos niveles de producción y exportación colocaron a Australia en el primer sitio a nivel mundial; no obstante, las fluctuaciones asociadas a la disminución de la demanda por parte de China (principal importador), han provocado un excedente en el mercado y una caída en los precios, con afectaciones directas a países en los que la comercialización de carne y lana representa un rubro tradicional y estratégico para su economía, como Uruguay (Riani, 2023).

De igual forma, los últimos años muestran una marcada disminución del consumo de carne ovina en diferentes países de la Unión Europea; así el mercado internacional de la carne ovina, principalmente, está regido por las nuevas tendencias de China, potenciadas por la sobredemanda de países del Medio Oriente. China es actualmente el mayor consumidor global de carne de ovino, con un consumo anual aproximado de 4 millones de toneladas, 30% del total del consumo mundial. En los últimos años, las tendencias de consumo han ido variando a nivel regional de forma contrastante, pues mientras en unos (como Argelia, Afganistán, China y Nigeria) se está incrementando el consumo de carne ovina; en otros, se ha reducido la demanda como en la Unión Europea (28 países miembro), Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos (Gómez, 2024).

Las predicciones a nivel mundial sugieren que la producción de cárnicos se habrá duplicado para el año 2050, pero se pronostica un incremento en el precio porque tendrá mayor demanda, principalmente en países en desarrollo (Montossi et al., 2013).

4.1.2 Situación nacional de la producción ovina

En México, la producción de pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) ha venido representando en los últimos años una opción a través de la cual comunidades rurales están pudiendo enfrentar sus condiciones de pobreza. Los datos más reportados en la literatura científica, indican que en el país el inventario de cabezas ovinas alcanza los 8.6 millones, que son criados en 50,000 unidades de producción ovinas (UPO) distribuidas en la mayoría de los estados de la República.

Aunque un alto porcentaje de los productores realizan la crianza de ovinos de forma secundaria a la agricultura, para el 34% representa su actividad principal. Respecto al consumo, alrededor del 85% de la demanda nacional de carne ovina, se concentra en los estados centrales del país (Chávez et al., 2022)

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (actualmente Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-SADER), informó que entre el 2001 y 2017 la producción en el sector ovino registró un crecimiento del 70 %, que pasó de 36 mil a más de 61 mil toneladas de carne, con un inventario que se situaba en cerca 9 millones de cabezas. Además, se lograron reducir las importaciones en un 74 %, al pasar de 58 mil toneladas de carne en 2001, a 10 mil 379 en 2017 asociado a la demanda para su consumo. En otro aspecto, México destaca en la calidad genética de sus ovinos, y con ello en la exportación de semen, embriones y pies de cría, principalmente en países de Centro, Sudamérica y El Caribe (SADER, 2018).

La generación de productos de origen animal resulta de gran importancia en el contexto socioeconómico del país y sobre todo en el sector primario, lo cual ha servido de base para el desarrollo del sector agropecuario nacional. Es por ello, que se considera que la ovinocultura es una actividad económica agropecuaria que presenta una de las mejores tasas de rentabilidad y buenas perspectivas de crecimiento (Cuéllar et al., 2012).

Los estados con mayor producción ovina son, Estado de México, Veracruz, Hidalgo, San Luis Potosí, y Puebla, representando el 56% del total nacional. Aunque no es objetivo de producción, la lana se vende a precios módicos, la principal producción son los corderos para abasto y pie de cría. Además, es importante mencionar que la carne se consume en forma del platillo típico denominado barbacoa (ICAMEX, 2018).

Con base en los registros del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) a través de la plataforma SIACON-NG (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta-Nueva) que datan del 2005, desde este año, el Estado de México, ha venido liderando la producción ovina nacional. De acuerdo con los

datos más recientes registrados (2023) el inventario ovino nacional ascendió a 8'836,730 cabezas ovinas, de las cuales el 15.4% fue aportado por el estado mexiquense, seguido por Hidalgo (12.5%) y Veracruz (8.4%). De la producción en pie (en miles de Toneladas-Mt); las aportaciones de estos estados (en ese mismo orden), fueron de 18.1Mt (13.7%), 13.5 Mt (10.2%) y 11.8Mt (8.9%). Respecto a la producción de carne, para este mismo año, se reportan 9.4Mt (13.8%), 6.9Mt (10%) y 6.0Mt (8.8%), respectivamente. A diferencia de la producción de carne en la que participan todos los estados (incluyendo la CDMX), la de lana, solo es realizada por 14 estados. En 2023, la producción nacional ascendió a 22.1Mt, ubicando en los primeros sitios a Chiapas con 5.0Mt (22.4%), Hidalgo 4.8Mt (21.7%) y Zacatecas 3.2Mt (14.6%). El Estado de México ocupó el lugar 7° sitio con 1Mt (4.6%) (SIACON-NG1, 2023).

El consumo *per-cápita* actual oscila los 1000 gr. por habitante al año. El impacto social de esta actividad agropecuaria es significativo, al representar una opción para los pequeños productores quienes a través de la ganadería familiar y de traspato, logran combinar sus actividades laborales principales como la agricultura, el comercio o la prestación de servicios, para complementar la economía familiar. En términos de ovinocultura la región del Valle de Toluca formada por 14 municipios, contribuye con el 37.1% de la producción estatal de carne de ovino y con el 44.9% de la producción de lana de la entidad; sobresaliendo sobre todo en orden de importancia los municipios de Temoaya, Acambay, Jocotitlán e Ixtlahuaca (ICAMEX, 2018).

Los municipios con mayor inventario para 2023 fueron: Juchitepec (18,472 cabezas) municipio que pertenece a la zona Suroriente del Estado de México y a la región Amecameca I; le siguen los municipios de Acambay (18,120) y San José del Rincón (18,049) ambos de la región del Valle de Toluca. En cuanto a la producción de carne, es liderada por estos dos últimos con 408.2 y 407.4 Ts, respectivamente, mientras que Juchitepec ocupa el tercer sitio con 376.1 Ts. El precio promedio de la canal (\$/kg) reportado para este año a nivel estatal fue de \$101.15, con variaciones para cada localidad. De los tres municipios señalados, San José del Rincón alcanzó el mejor precio (\$105.74), seguido por Acambay (\$102.59) y

Juchitepec (\$95.07) (SIACON-NG1, 2023).

4.1.3 Sistemas de producción ovina

Los sistemas de producción de ovinos, representan un importante recurso productivo en muchos países del mundo. Además, de que producen efectos benéficos sobre el medio ambiente, tienen importantes contribuciones a la seguridad alimentaria, principalmente de comunidades rurales y vulnerables, por la disponibilidad de carne y leche; así como en la economía, por la producción de lana (Anzures et al., 2025). Se considera que los sistemas extensivos están asociados con la producción de lana, mientras que los sistemas semi-intensivos o intensivos están destinados a la producción de carne y especialmente a la producción de leche (Haenlein, 2001).

En nuestro país, existen diversos sistemas de producción ovina, los cuales cuentan con características propias de cada región donde se localizan, además se encuentran delimitados de acuerdo con la disponibilidad de recursos y las costumbres en el consumo de los productos ovinos (Partida et al., 2013).

Es por ello, que la clasificación de las producciones ovinas busca desde un enfoque sistémico, ir agrupando las Unidades de Producción Ovina (UPO) en función de las características geográficas (región agroecológica, condiciones climáticas), socioeconómicas (perfil de los productores, tenencia de la tierra, mano de obra), de los sistemas de producción (pastoreo, estabulado, mixto, traspatio) y de las variables técnico-productivas (tamaño de los rebaños, propósito productivo – autoconsumo o comercialización, disponibilidad de agostaderos o praderas cultivadas), principalmente, con el propósito de establecer acciones estratégicas para su desarrollo y el beneficio de los productores y localidades donde se desarrolla esta actividad (Vázquez-Martínez et al., 2018; Rueda, 2022).

4.1.3.1 Sistema intensivo

La principal finalidad de este sistema es generar ingresos, por lo que además del establecimiento de programas que consideran las necesidades productivas de los animales en sus diferentes etapas de desarrollo, así como, todo lo relativo con

los aspectos médicos preventivos, económicos, administrativos y de mercadeo. Aunado a ello, la alta tecnificación que emplean las reconoce como empresas productivas (Romero, 2005).

En este tipo de producción, el objetivo es hacer más eficiente la producción de carne ovina con el propósito de establecer un esquema dinámico en la inversión de modo que los tiempos de retorno del capital sean reducidos para hacerlos rentables. Para ello, es necesario proporcionar a los ovinos las cantidades necesarias de alimento a fin de que la conversión alimenticia y la producción de carne (ganancia de peso) se realice en el menor tiempo posible. Dentro de los principales atributos de este tipo de sistemas, están las altas inversiones de capital, el uso de tecnologías avanzadas (como monitores y sensores inteligentes, automatizadores para la alimentación, sistemas de control ambiental, entre otros), la asesoría veterinaria y en muchos casos, los apoyos gubernamentales (Banchero et al., 2000; Rueda, 2022).

4.1.3.1.1 Pastoreo tecnificado

El sistema de producción ovina en pastoreo tecnificado, está basado en poner a disposición de los ovinos una alta disponibilidad de forrajes verdes, realizando el pastoreo durante periodos cortos durante el día en áreas poco extensas cuya carga animal es elevada, haciendo necesaria tanto la colocación de cercas, así como, el establecimiento de esquemas de rotación en potreros (Rueda, 2022). Debido a que la mayor parte de los alimentos que ingieren los animales, provienen de las especies vegetales disponibles, es necesario considerar que el empleo excesivo del pastoreo de manera inadecuada durante largos periodos de tiempo, sin suficiente tiempo de recuperación, pueden originar la pérdida del forraje y la desestabilidad completa de este régimen de producción (Carpio, 2014).

Para hacer que este sistema de pastoreo intensivo sea efectivo, es indispensable considerar de forma integral los factores climáticos (temperatura ambiental, radiación solar y niveles de precipitación; así como, las características de los terrenos en que se realiza la crianza, considerando las propiedades físico-químicas edáficas (Partida et al., 2013).

4.1.3.1.1.1 Zonas templadas

En estas zonas climáticas, la producción ovina está sustentada en el pastoreo en praderas irrigadas, en donde los animales se alimentan de las especies vegetales que son mantenidas mediante riego en las épocas de estiaje. Por lo general, las proporciones de las leguminosas contra las gramíneas es mayor, con 70-75% y 30-25%, respectivamente (Carpio, 2014).

4.1.3.1.1.2 Zonas tropicales

A pesar de que en los trópicos pueden establecerse diferentes sistemas de producción, el más comúnmente empleado es el “Pastoreo Rotacional de Alta Densidad”, caracterizado por una alta carga poblacional (>1000 ovinos/Ha) (Grandin, 2022), y un pastoreo limitado a solo algunas horas a lo largo del día. Desde el punto de vista ecológico, es considerado sustentable y regenerativo, al promover la fertilidad del suelo, el consumo uniforme de los forrajes y fomentar la regeneración de los pastos naturales, gracias a los periodos de descanso que se establecen al rotar a los animales hacia otras zonas de pastoreo (Partida et al., 2013; Grandin, 2022).

Es común que las áreas empleadas en este tipo de pastoreo, estén delimitadas de forma permanente mediante la colocación de cercas perimetrales, complementados por cercos internos eléctricos móviles, que van desplazando a los animales hacia otras áreas durante la rotación, lo que permite la regeneración de los pastos (Partida et al., 2013). Por otra parte, Senra (2005) expuso un sistema que llamó Pastoreo Intensivo Tropical, cuyos pilares están basados en combinar el uso eficiente los recursos económicos, el suelo, las condiciones climáticas, aunadas a las capacidades de los productores ganaderos. El propósito de este sistema, es generar una alta producción de animales/unidad de área, fomentar el cuidado de los recursos naturales disponibles, mejorar el entorno ecológico y reducir los costos de producción.

Además de las contribuciones a la sustentabilidad ecosistémica, el proporcionar a los animales forrajes verdes, mejora el sabor de la carne y sus características lipídicas. A diferencia de ovinos con una alimentación diferente en

los que la grasa es saturada, en estos animales, es más insaturada por los altos contenidos de omega 3, lo que además es benéfico para la de los consumidores (Carpio, 2014).

4.1.3.1.2 Estabulación

La estabulación, es un sistema de producción en el que los animales son mantenidos en confinamiento en corrales o establos durante toda su vida productiva, lo que implica que nunca tienen acceso al pastoreo. Es la opción elegida por los productores de pie de cría que buscan aumentar la rentabilidad de su UPO. Entre los beneficios que ofrece este tipo de sistema intensivo, están: mejor manejo de los animales, mayor control sanitario, protección de los rebaños contra las inclemencias del tiempo (granizadas, lluvias torrenciales) y evitar la pérdida de corderos por el ataque de depredadores, como ocurre en rebaños a pastoreo, entre otros (Marín, 2023).

Las UPO con estabulación, por lo general cuentan con las instalaciones y servicios necesarios para sus propósitos. En las instalaciones, se incluyen pisos elevados o “slats”, espacios techados para la protección de los animales contra la radiación e inclemencias del tiempo, ventilación, (a veces artificial), bebederos automáticos y comederos. El manejo, incluye la asistencia médica especializada, mano de obra calificada; así como, con registros computarizados actualizados que les permiten dar un seguimiento adecuado y eficiente a la producción, mediante una evaluación rigurosa de costos y tiempos. La alimentación y nutrición de los animales es puntualmente vigilada, proporcionando a los animales dietas balanceadas formuladas a base de granos integrales y complementadas con enzimas, agonistas, hormonas e incluso aditivos alimentarios para mejorar la eficiencia de la digestión y de la fermentación ruminal. Respecto a la reproducción, se realiza la planificación y control de los apareamientos, procurando la cruce entre razas para mejorar la variabilidad genética. Así mismo, son utilizadas tecnologías reproductivas como la Inseminación Artificial por Laparoscopia (IAL), la fertilización in vitro, la transferencia de embriones, el uso de marcadores genéticos de ADN, entre otros. El manejo sanitario, suele ser integral en donde además de la vigilancia médica permanente

de los animales, son establecidas calendarizaciones para la vacunación, desparasitación y administración de complejos vitamínicos, principalmente (Partida et al., 2013).

En determinadas épocas del año, la rentabilidad de las UPO enfrentan problemas asociados a la baja disponibilidad de granos requeridos para la alimentación de los ovinos, lo que tiende a aumentar los precios de estos insumos. Como estrategia, se realiza la adquisición de galletería o de maíz en hojuelas como sustitutos, para garantizar el aporte de carbohidratos (Carpio, 2014).

4.1.3.2 Sistema intensivo mixto

Este tipo de sistema productivo, alterna el pastoreo con el confinamiento en dos tiempos parciales durante el día. Por las mañanas y tardes, los rebaños pastan gramíneas y leguminosas en praderas; y en durante la noche, son confinados para pernoctar, en donde se les proporciona una alimentación complementaria de acuerdo con sus necesidades, a base de esquilmos agrícolas, rastros, granos o alimentos comerciales, en particular para los corderos y hembras preñadas. Es común que en estos sistemas los corderos sean destetados a los 60-90 días, para después ser separados por sexo en corrales donde continúan su crecimiento y alcanzan la finalización. En la etapa de crecimiento, los corderos son alimentados con dietas balanceadas para lograr una ganancia constante de peso (estimada en 250g/día), hasta que logren alcanzar pesos de entre 40 y 45 kg, en periodos de 5-6 meses para ser comercializados. Un aspecto clave del manejo es el descanso de las praderas tras el pastoreo ya que se le debe permitir un tiempo de descanso que suele oscilar entre 30 y 45 días, dependiendo de la estación del año y del tipo de vegetación disponible (Partida et al., 2013).

4.1.3.3 Sistema extensivo

Los sistemas extensivos de producción ovina se basan principalmente en el aprovechamiento del consumo de los pastos naturales y vegetación nativa. Por lo general, la conversión alimenticia es muy reducida, debido a la baja disponibilidad de la vegetación nativa, asociada a las propias características de los terrenos, las condiciones climáticas y topográficas (Romero, 2005). En México, el sistema

extensivo incluye dos modalidades:

- En el norte del territorio, son comunes los potreros que pueden o no estar cercados y cuentan con fuentes de agua para los animales. Entre los problemas que enfrentan, destacan el sobrepastoreo, una elevada erosión a consecuencia de que los tapices de los suelos son delgados y la escasez de abrevaderos. Por estas condiciones, la capacidad de carga de los potreros suele ser deficiente, aunado a la alta presión por la diversidad de depredadores, así como por la escasez e inconstancia de la oferta forrajera (Romero, 2005).
- En cambio, en la zona centro, es común la alternancia pastoreo diurno-confinamiento nocturno. El principal desafío durante el pastoreo (que proporciona la mayor parte de la alimentación de los ovinos en este sistema), es la resiliencia que deben desarrollar los animales para enfrentar temperaturas extremas, altos niveles de precipitación pluvial y ráfagas de viento. Un aspecto importante, es que con esta actividad, la disponibilidad de vegetación nativa hace que se pierdan áreas de pastoreo en zonas cercanas, lo que implica la búsqueda de otras praderas cuyo acceso significa que los rebaños sean desplazados a largas distancias, en donde es común que la cantidad y calidad del alimento disponible no sea suficiente para compensar el gasto energético realizado por el recorrido, y que otras funciones como el desarrollo, ganancia de peso e incluso la fertilidad se realicen de forma deficiente (Romero, 2005).

A partir de estas modalidades, pueden presentarse variantes que dependen de la disponibilidad de alimento en cada región. Mientras que en la zona sur-sureste se consumen zacates y leguminosas tropicales; en el norte se aprovechan pastizales y matorrales de gramíneas, asteráceas, fabáceas, leguminosas y cactáceas, en tanto que en las regiones templadas la alimentación, se basa en el consumo de pastos (apacentamiento) de terrenos comunales, superficies agrícolas en descanso, terrenos baldíos y en pequeñas áreas de bosque, suplementándolos en la temporada de escasez con desechos o subproductos agrícolas tales como rastrojos de avena, trigo o maíz (Esqueda-Coronado y Gutiérrez-Ronquillo, 2009).

Un aspecto a considerar es que además de la disponibilidad, la calidad de los forrajes está determinado por su estado fenológico, el cual varía de forma estacional, siendo durante el verano (época de lluvias) cuando esta calidad se encuentra en su punto más alto (Partida et al., 2013).

El pastoreo que se practica es de tipo rotacional diario, en el cual el rebaño es trasladado a diferentes pastizales a lo largo del día, y durante la noche los ovinos son confinados en sus corrales para pernoctar. El número de los animales que integran el rebaño puede variar entre 100 y 1500 cabezas ganado, incluyendo dentro de este hembras y machos de diferentes edades, además de no contar con un control reproductivo ni genético, por lo que hay partos en diferentes épocas del año, concentrándose los nacimientos en otoño-invierno y se presenta un alto grado de consanguinidad (Plata, 2016).

4.1.3.4 Sistema mixto o semi- intensivos

Los sistemas mixtos o semi-intensivos, mantienen a todos los animales en un solo rebaño, siguiendo el mismo patrón que los extensivos de pastoreo durante la mañana-tarde y confinamiento en corrales durante la noche; sin embargo, a diferencia de estos la principal fuente de alimento de los ovinos son los recursos consumidos durante el pastoreo, ya que durante el confinamiento no es suministrado alimento complementario, sino solamente se les proporciona agua, sales minerales y de forma excepcional, subproductos agrícolas. Por lo general, los sitios de confinamiento son rústicos, ya que son construidos con materiales de la región (troncos, ramas piedras) además de que carecen de un diseño adecuado. El manejo sanitario va de nulo a muy restringido, ya que por lo general los ovinos solo son tratados cuando muestran signos de enfermedad, y las desparasitaciones son realizadas cada seis meses, lo cual genera afecciones parasitarias frecuentes y una alta incidencia de patologías, que en casos graves generan la muerte de las crías. En cuanto al manejo reproductivo, los machos son separados del rebaño y solo son reunidos con las hembras en las épocas de empadre, generalmente bien establecidas (Plata, 2016; Martínez, 2020).

4.2 PROBLEMÁTICAS DE LA OVINOCULTURA

En México, la producción ovina aún no alcanza el grado de rentabilidad deseable. Ello se debe a múltiples factores entre los que destacan los altos costos de insumos, reducida capacidad económica de los productores para contratar servicios de asistencia técnica y veterinaria, cambios bruscos en las condiciones climáticas asociadas al cambio climático (sequías e inundaciones y altas temperaturas), baja eficiencia productiva, bajo rendimiento reproductiva, mínima o nula aplicación de tecnologías, entre otros (Martínez, 2020).

4.2.1 Problemas reproductivos

Uno de los problemas reproductivos de mayor relevancia en las borregas, son los abortos espontáneos de origen multifactorial, ya que pueden estar asociados a anomalías genéticas del producto, deficiencias nutricionales, enfermedades e incluso estrés. Sin embargo, la infertilidad también representa uno de los problemas reproductivos que se presentan con alta frecuencia, además de los desequilibrios hormonales, enfermedades reproductivas, la alimentación deficiente puede causar desnutrición que aparece también como factor predisponente; así como, factores asociados a un manejo deficiente del rebaño (Larsen, 2024; Producción Animal, 2024)

De igual forma, se incluyen los problemas que ocurren durante el parto o distocias, que ponen en riesgo la vida de la oveja y el cordero, causados tanto por la estrechez pélvica de la borrega, o una colocación anormal del feto. Y, por último, pero no menos importante, el estrés térmico, que puede manifestarse cuando la temperatura es $\geq 32^{\circ}\text{C}$, el cual afecta de forma generalizada la fertilidad de los ovinos. En las hembras, puede alterar el ciclo estral, la calidad de los ovocitos, causar fallos en la implantación y mortalidad embrionaria, entre otros. En los machos puede verse afectado el apetito sexual, generando problemas para concretar la monta, baja calidad del semen por aumento de espermatozoides anormales, disminución de los niveles de testosterona, deficiencias en la termorregulación testicular, principalmente (Larsen, 2024). Debido a estos posibles efectos del estrés térmico, es necesario que los sitios de confinamiento cuenten con áreas de sombra, buena

ventilación y la disponibilidad de agua fresca *ad libitum*. Así mismo, es importante realizar buenas prácticas de manejo, proporcionar una alimentación adecuada e idealmente, contar con asistencia oportuno del médico veterinario. En el aspecto reproductivo, es muy importante un buen control de empadre, para garantizar una reproducción planificada y gestionada; del mismo modo, la implementación de programas de sincronización de celo y el uso de técnicas de inseminación artificial, si es necesario, para una selección cuidadosa de reproductores (Producción Animal, 2024).

4.2.2 Condiciones climáticas

Las actuales condiciones asociadas a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y el cambio climático (como aumento de la temperatura ambiental, cambios en la intensidad de las lluvias, sequías) generan afectaciones directas e indirectas a los ovinos. Las directas incluyen estrés térmico, que compromete la capacidad de termorregulación de los animales, debilidad, inapetencia; así mismo, bajas en el rendimiento productivo por descensos en la ganancia de peso, producción de leche y carne, cambios fisiológicos y de comportamiento. Indirectamente, debido a que las sequías prolongadas y los cambios en los patrones de lluvia, afectan la cantidad y calidad de los pastos, incrementan la presencia de parásitos, provocan la degradación del suelo, que en su conjunto aumentan los costos de producción la escasez de agua por los es (del Prado et al., 2020; Pérez et al., 2020).

4.2.3 Depredación

La ovinocultura representa uno de los principales sectores en muchos países, tanto para la seguridad alimentaria (producción de carne, leche y sus derivados) como para la economía (venta de corderos, pie de cría, lana y cueros). Además de las enfermedades, se ve seriamente afectada por los depredadores a los que se adjudica cerca del 50% de las pérdidas. En una encuesta realizada en Chile sobre la Ganadería Ovina por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en 2017, reveló que más del 50% de las pérdidas de la ganadería ovina están mayormente

asociadas al ataque de depredadores que al hurto de los ovinos. Dicho estudio, menciona que los caninos son el causante del 30% de la mortalidad de los rebaños, en especial, por las graves lesiones que les causan por las mordeduras que en la mayoría de los casos llevan al sacrificio prematuro de los ovinos, lo que representa pérdidas importantes, esto sin contar los costos de medicamentos empleados en el tratamiento de las heridas (FIA, 2022).

4.2.4 Enfermedades en el ganado ovino

Enfermedad.

Corresponde a un estado fisiológico alterado provocado por la ruptura del equilibrio biológico habitual (homeostasis). Su manifestación está asociada a la convergencia de factores como la presencia de agentes causales, alta susceptibilidad de los animales y el ambiente propicio para su desarrollo (Gioffredo, 2011).

Agente etiológico.

Los agentes etiológicos son las entidades físicas, químicas, nutricionales o biológicas (microorganismos, plantas o animales) cuya presencia tiende a causar procesos patológicos en determinadas poblaciones animales, especialmente en aquellas susceptibles debido a características propias como raza, especie, edad, sexo, estado fisiológico, principalmente, propicias para el desarrollo de la enfermedad.

Las enfermedades son clasificadas según el agente etiológico en:

- ❖ Metabólicas y/o carenciales, causadas por excesos o deficiencias de micronutrientes (minerales) en la dieta
- ❖ Infectocontagiosas, de origen viral, bacteriano, fúngico o priónico
- ❖ Endoparasitosis (nematodos, cestodos, protozoos, trematodos)
- ❖ Ectoparasitosis (larvas de moscas, piojos, garrapatas causantes de miasis,

pediculosis y sarna) (Gioffredo, 2011).

4.2.4.1 Enfermedades metabólicas y carenciales

Las enfermedades metabólicas y carenciales ocurren cuando el aporte nutricional de la dieta no se ajusta a los requerimientos del animal, ya sea por deficiencia o por sobrepasar los límites fisiológicos normales; por lo tanto, se genera un desequilibrio entre los nutrientes que ingresan al organismo y los que egresan (heces, orina y/o leche). Esta condición, genera un gran impacto económico, ya que pueden causar baja producción de carne y leche, pobre desempeño productivo, sacrificio prematuro, gastos de atención veterinaria y en casos extremos, la muerte (Gioffredo, 2011).

Algunas de las enfermedades metabólicas/carenciales que se presentan en los ovinos son: toxemia de la preñez, hipocalcemia, hipomagnesemia, déficit de vitamina B1, carencias de cobalto, fósforo, vitamina E y selenio (enfermedad del músculo blanco). El aporte inadecuado de cobre puede causar toxicosis (exceso), o ataxia enzoótica ovina (deficiencia), una enfermedad neurodegenerativa que afecta a los corderos. Desórdenes metabólicos como la hipoglucemia pueden llevar al desarrollo de cetosis que, a su vez, causa atonía y acumulación de gases en el abomaso provocando su desplazamiento y en el rumen, timpanismo o empaste (García-Trejo, 2010).

4.2.4.2 Enfermedades infectocontagiosas (bacterianas, virales, fúngicas y priónicas)

Los ovinos son una especie altamente susceptible a contraer distintas enfermedades, que no sólo afectan su salud, sino también sus capacidades productivas. Un gran número de ellas, son propiciadas por el manejo deficiente de los rebaños, en especial cuando existe el hacinamiento para su comercialización. La inmunosupresión causada por este procedimiento incrementa los factores de riesgo para desarrollar enfermedades. En el ambiente natural, la presencia de diferentes agentes etiológicos (virus, bacterias, hongos y parásitos) suele causar

enfermedad en los ovinos, afectando a veces de forma significativa la producción, lo que representa pérdidas importantes a los productores (de la Cruz et al., 2010).

4.3 ENFERMEDADES PARASITARIAS

Las parasitosis constituyen la principal patología identificada en el ganado ovino, infectándose de una amplia variedad de parásitos internos y externos que pueden llegar a causar importantes pérdidas económicas en el rebaño y en las unidades de producción. Muchos factores condicionan la aparición de parásitos internos, como por ejemplo la edad del animal, etapa de ciclo productivo, condiciones ambientales y el manejo del rebaño. Algunas de estas enfermedades pueden ser erradicadas al utilizar las medidas preventivas adecuadas y el tratamiento oportuno.

4.3.1 Ectoparásitos

Los ectoparásitos o parásitos externos, generalmente viven sobre la piel, orificios naturales y mucosas de los animales. Las parasitosis externas son tan importantes como las internas, ya que pueden producir una baja productividad de carne y leche, y la disminución de la producción y calidad de la lana. Dentro de las infecciones parasitarias ovinas más comunes están: falsa garrapata, sarna, piojos, pulgas y miasis (infestación por larvas de mosca). Los principales ectoparásitos que afectan a los ovinos, incluyen a:

Artrópodos

- *Oestrus ovis*
- *Melophagus ovinus*
- *Lingnathus ovillus*
- *Damalinia (Bovicola) ovis*
- *Psoroptes ovis* (Calderón y Martínez, 2018)

4.3.2 Endoparásitos

Entre los parásitos internos más importantes para el rebaño ovino tenemos los gastrointestinales y los pulmonares, presentes de forma crónica en los rebaños, afectando la producción animal. Generalmente a causa de los daños provocados a la salud asociados a trastornos alimenticios que causan la pérdida progresiva de peso y, por tanto, afectaciones a la condición corporal, que además de disminuir la producción de carne y leche, también alteran la producción de lana. Así mismo, pueden provocar efectos negativos en el desempeño reproductivo, provocando daños en la fertilidad, al feto en hembras parasitadas, entre otros.

Dentro de la clasificación de los endoparásitos están incluidos los protozoarios y helmintos (cestodos, trematodos y nematodos) (Calderón y Martínez, 2018).

4.3.3 Protozoarios

Los protozoos son microorganismos pertenecientes al reino protista. La mayoría son organismos que afectan a los animales domésticos y silvestres generando graves enfermedades que pueden ser transmitidas al hombre. Se han descrito aproximadamente 45,000 especies de protozoarios de los cuales la producción ovina es afectada por una mínima cantidad, principalmente por:

- *Cryptosporidium*
- *Toxoplasma gondii*
- *Sarcocystis* spp.
- *Eimeria* spp. (Quiroz, 2012).

4.3.4 Helmintos

Los helmintos son un conjunto de parásitos pertenecientes al reino animal, generalmente conocidos como gusanos o vermes, los cuales pueden infestar a humanos y a otros animales, dañando generalmente el sistema digestivo, sin mencionar que también pueden involucrar otros órganos.

Los helmintos que afectan a los ovinos, incluyen a tres grupos taxonómicos:

- Cestodos: Gusanos planos o tenia.
- Trematodos: Gusanos planos no segmentados o duelas
- Nematodos: También conocidos como gusanos redondos (Quiroz, 2012).

4.3.4.1 Cestodos

Son vermes con el cuerpo comprimido (aplanados en sentido dorsoventral), alargado, acintado y segmentado, carente de pigmentos. Son hermafroditas y carecen de cavidad corporal y tubo digestivo. Su tamaño oscila desde unos pocos milímetros a varios metros de longitud, en etapa adulta se llegan a localizar en el tracto digestivo de su hospedero, mientras que durante su desarrollo requieren de uno o más hospederos intermediarios (Quiroz, 2012).

En sentido antero-posterior, el cuerpo está integrado por el escólex, cuello y el estróbilo

- El escólex, región esférica no segmentada anterior, especializada para la fijación del parásito está provista de ventosas, surcos (botrios) o un rostelo que presenta ganchos.
- El cuello, es una región corta, asegmentada que corresponde a la zona de crecimiento activo que genera nuevos proglótides.
- El estróbilo está formado por segmentos llamados proglótides, estos, se forman desde la región de crecimiento y maduran conforme se van alejando del escólex. Cada proglótide tiene, generalmente, de uno a dos juegos de órganos reproductores (Varcárcel, 2010).

Cestodosis en ovinos

- *Moniezia expansa*
- *Taenia multiceps*

Metacestodosis ovina

- *Hidatidosis*
- *Cysticercus tenuicollis* (Varcárcel, 2010).

4.3.4.2 Trematodos

Los trematodos (Trematoda) son un tipo de gusanos platelmintos, generalmente conocidos como duelas. La mayoría de estos presentan ciclos de vida complejos con estadios que dañan una o más especies (hospedadores) además del hombre. Los trematodos se conocen por poseer estructuras internas concretas, con aparato digestivo incompleto, entre otros. Presentan formas variadas, según la especie, con longitudes variables entre uno y otro. Su estructura y fisiología es bastante similar a la clase Turbellaria. Las duelas tienen órganos orales y ventrales que los fijan al hospedador, del cual consumen tejidos, moco, fluidos y/o sangre. La epidermis del trematodo no es ciliada, la cual le permite realizar intercambios gaseosos y así mismo la excreción de compuestos nitrogenados, además que al mismo tiempo los protege de las enzimas segregadas por el hospedero. Sexualmente, casi todas son hermafroditas (Quiroz, 2012).

4.3.4.3 Nematodos

El término “nematodo”, proviene de los vocablos griegos, *nema* (hilo) y *odes* (con aspecto de), es un grupo diverso para el que se han descrito más de 25,000 especies. Comúnmente se les denomina gusanos redondos y sus formas parásitas pueden encontrarse en plantas y animales (tanto invertebrados como vertebrados, incluido el hombre). Navone et al. (2017), señalan que los nematodos presentan una amplia importancia económica, agrícola, sanitaria y veterinaria debido a la constante y elevada morbilidad con que se presentan en las diferentes especies. Generalmente generan signos de manera crónica además de que interfieren negativamente con un buen crecimiento. Este tipo de parásitos se distinguen por localizarse en el tracto digestivo y respiratorio de su hospedero. Presentan ciclo biológico directo o indirecto, algunas realizan migración larvaria y otras de ellas, tienen un importante papel como zoonosis (Bongers y Esquivel, 2015).

4.3.4.3.1 Características generales

La estructura corporal de estos organismos se distingue por su forma alargada y ahusada en ambos extremos, además de poseer una simetría bilateral y una cavidad corporal principal que se origina a partir del blastocele embrionario. También son clasificados como eutélicos refiriéndose a que mantienen un número fijo de células a lo largo de su vida y su crecimiento se debe al aumento del tamaño celular. Cuentan con un aparato digestivo completo, debido a que presenta una boca en la parte anterior y un ano ubicado cerca del extremo posterior (Figura 1). Una cutícula secretada por la hipodermis recubre el cuerpo, siendo esta remplazada cuatro veces durante su desarrollo. La musculatura de la pared corporal se organiza exclusivamente en un arreglo longitudinal, careciendo de capa muscular ciliar. Su sistema excretor consta de canales laterales, los cuales pueden estar acompañados de glándulas ventrales que desembocan a través de un poro excretor ventral, situado cerca del extremo anterior. No presentan cilios ni flagelos a excepción de algunos órganos sensoriales que contienen cilios modificados. La mayoría de los nematodos son dioicos (sexos separados) y presentan dimorfismo sexual: las hembras suelen ser las de mayor longitud, mientras que en los machos es característica la curvatura de la porción posterior y la presencia de “espículas copulatorias”; algunas especies presentan en el extremo caudal una bolsa (bursa). Algunas especies son hermafroditas y otras partenogenéticas. El desarrollo embrionario suele ser variable, incluyendo especies ovíparas (la mayoría), aunque también las hay vivíparas y ovovivíparas. El sistema reproductor femenino posee un poro genital ventral independiente, mientras que, en los machos, el sistema reproductor y digestivo convergen una cloaca de posición ventral. Los nematodos adultos varían en tamaño, pueden medir desde 1 mm a más de un metro de longitud (Bowman, 2022).

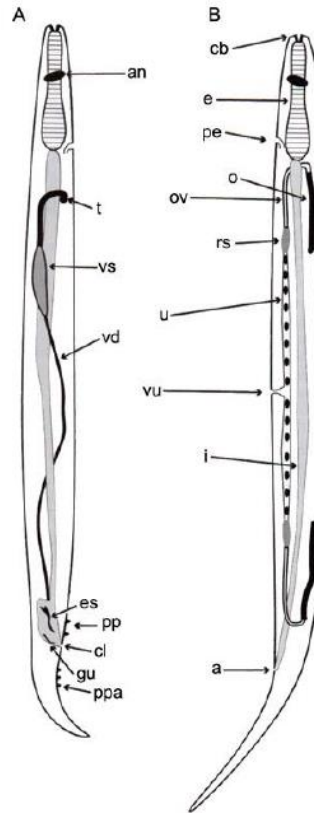


Figura 1. Estructura morfológica general de nematodos adultos, (A) Macho (B) Hembra. Abreviaturas: ano (a), anillo nervioso (an), cavidad bucal (cb), cloaca (cl), esófago(e), espícula (es), gubernáculo (gu), intestino (i), ovario (o), oviducto (ov), poro excretor (pe), papila preanal (pp), papila postanal (ppa), receptáculo seminal (rs), testículo (t), útero (u), vaso deferente (vd), vesícula seminal (vs), vulva (vu). Fuente: Tomada de Navone et al. (2017).

4.3.4.3.2 Características fisiológicas

Nutrición

Los nematodos habitan en medios ricos de nutrientes, donde se benefician de material digerido o semi-digerido. La disponibilidad de nutrientes, depende de la porción del tracto digestivo en que se instalen los parásitos, lo que en gran medida será determinante para su ciclo biológico. Los nematodos que se localizan en la porción intestinal se alimentan de contenido que puede ser gástrico, quimo, quilo, cecal y del intestino grueso, como *Ascaris*, *Heterakis*, *Oxyuris*. Otros se nutren de

mucosa gastroentérica o del tracto respiratorio como es el caso de *Ancylostoma*, *Chabertia*, *Cyathostoma*, *Bunostomum* y *Syngamus*. Algunos de estos nematodos, están provistos de cápsulas bucales dentadas, placas quitinosas o ambas, con las cuales succionan la mucosa y la digieren gracias a la acción de enzimas y anticoagulantes que van depositando durante la acción mecánica. En el caso de las especies hematófagas, al migrar a los vasos sanguíneos causan severos daños, debilitando al animal por anemia. Otros, presentan una cápsula oral muy pequeña y realizan digestión extracorpórea de los tejidos, la cual consiste en liberar enzimas digestivas fuera de las células para descomponer el alimento en el medio externo, permitiendo la absorción posterior a este proceso y una punción de los tejidos de la mucosa como es el caso de *Haemonchus*, *Nematodirus* y *Dioctophyma*.

Los nematodos que habitan el tracto digestivo no son digeridos por el hospedero a menos que la cutícula se encuentre dañada. Sin embargo, se han encontrado sustancias que inhiben a las enzimas digestivas o anti-enzimas, por ejemplo, *Ascaris* contiene inhibidores de la pepsina, catepsina, tripsina y quimiotripsina (Bowman, 2002).

Respiración y circulación

Los nematodos carecen de aparato circulatorio como tal, ya que el fluido de la cavidad pseudocelómica se encarga de transportar los nutrientes y el oxígeno. El pseudoceloma (cavidad entre la pared corporal y el tracto digestivo), actúa como sistema de transporte y esqueleto hidrostático, contiene hemoglobina. Dependiendo del sitio de localización de los nematodos tendrán acceso o no, al oxígeno. Los parásitos localizados en tejidos vasculares y sangre, acceden directamente al O₂ transportado por el hospedero, por lo que su respiración es aerobia; en cambio, los que se ubican a nivel intestinal, generalmente son anaeróbicos (Quiroz, 2012).

Excreción

El pseudoceloma está ocupado por hemolinfa, que contiene sustancias en solución, incluyendo productos de excreción, como compuestos nitrogenados (amoníaco, ácido úrico, urea, aminas alifáticas). Algunas de ellas salen por el poro

excretor combinadas con quinonas que se polimerizan formando precipitados (Barriga, 2002).

Osmorregulación

Ciertos nematodos son capaces de mantener un equilibrio hídrico interno. El sistema excretor tiene función osmorreguladora y en algunas larvas de nematodos estrongílidos poseen un ámpula excretora, cuya frecuencia de contracciones varía según la presión osmótica (Quiroz, 2012).

Locomoción

Los nematodos tienen movimiento ondulante por flexión de su propio cuerpo. El crecimiento de los nematodos es relativamente discontinuo; puede ser continuo entre las mudas, o una muda puede estar asociada a un periodo de letargo (diapausa), durante el cual el nematodo frena su desarrollo, para iniciarlo nuevamente hasta después de la muda. Cabe resaltar que el ciclo de inactividad depende de la especie; por otra parte, la cutícula funciona como un exoesqueleto; si el nematodo crece, debe cambiar de cutícula y ser remplazada a través de un proceso de muda o ecdisis (Bongers y Esquivel, 2015).

Reproducción y ciclo biológico

La mayoría de los nematodos se reproducen sexualmente, ya que los machos producen espermatozoides y las hembras óvulos; por lo tanto, la fecundación se realiza en las hembras después de la cópula. Los espermatozoides son ameboides. Después de la fecundación se forma una membrana que envuelve al huevo, según la especie de que se trate puede poseer una, dos, o tres membranas, dicha membrana está dividida en tres capas: una capa lipídica interna, una capa quitinosa media y una vitelina externa. El desarrollo embrionario comprende los estados de mórula, blástula, gástrula y forma pisciforme en donde el embrión adquiere forma de verme (Bowman, 2022).

Según el desarrollo embrionario de los huevos al ser puestos, estos pueden ser ovíparos, cuyo estado de desarrollo es de una sola célula o mórula como por

ejemplo *Ascaris* y *Haemonchus*. Los ovovivíparos, son aquellos cuyos huevos en el momento de ser puestos contienen ya el estado de embrión como es el caso de *Strongyloides westeri*. A otros de les denomina vivíparos debido a que la primera larva se forma en el útero como es el caso de *Dirofilaria* y *Trichinella* (Quiroz, 2012).

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos es directo, es decir, no necesitan de otros animales para completarlo, y está dividido en dos fases: exógena y endógena. La fase exógena comienza con la expulsión de los huevos en las heces del animal al exterior. En circunstancias favorables de oxigenación, temperatura (20°C) y humedad (80%), los huevos eclosionan para dar origen a larvas L1, las que a su vez pasan a ser larvas del segundo estadio (L2); en este proceso se desprenden de su cutícula protectora. Una segunda muda en el estadio larval da origen a las larvas L2 y, posteriormente, de una tercera muda o ecdisis emergen las larvas L3, que son las formas infectantes. Tanto la L1 como la L2 se alimentan de las bacterias presentes en las heces; sin embargo, la L3, que se encuentra cubierta por la cutícula desprendida de la L2, en esta etapa la larva no tendrá acceso a alimento y dependerá de las reservas alimentarias para poder vivir, si esas reservas se agotan la larva morirá. El tiempo requerido para que los huevos se transformen en larvas infectantes, cuando las condiciones ambientales son favorables, se estima alrededor de siete a diez días. Sin embargo, a medida que la temperatura ambiental descende, este proceso puede irse prolongando. La L3 infectante suele ser activa y migra de las heces (horizontal y verticalmente) hacia los tallos y las hojas de los pastos que sirven de alimento a los animales, para de ese modo infestarlos. Esta migración larvaria ocurre mayormente durante la noche en que las condiciones de temperatura ambiental son más favorables para las larvas, que las que se presentan durante el día. La fase endógena se inicia con la ingestión de la L3, su desarrollo a L4 y L5, termina cuando alcanzan la madurez sexual y la diferenciación en machos y hembras, la cópula y la producción de huevos. Cuando las L3 llegan al rumen, el aumento del pH provoca su muda, debido a las enzimas leusinoaminopeptidasas que son producidas por las células neurosecretoras. Posteriormente, las larvas de nematodos del abomaso (*Haemonchus*, *Trichostrongylus* y *Ostertagia*) liberan la vaina en el rumen y los que habitan en el intestino delgado y grueso la

liberan en el abomaso. Las L3 atraviesan la membrana mucosa o las células gástrica, continúan su desarrollo hasta L4. Aunque este proceso por lo general ocurre entre 10-14 días, su progreso puede verse interrumpido de forma temporal, cuando las condiciones fisiológicas son desfavorables. Posteriormente las larvas L4 abandonan la mucosa y se asientan en el lumen abomasal para convertirse en larvas L5 y finalmente en parásitos adultos, tanto hembras como machos (Decia y Peralta, 2016).

4.3.4.4 Nematodos pulmonares

Algunos nematodos pueden causar daños a nivel pulmonar, constituyéndose en una de las parasitosis más importantes que afectan a los ovinos (aunque las de mayor impacto son las gastrointestinales). Los daños que causa esta parasitosis, caracterizada clínicamente como una nematodiasis pulmonar, afectan la salud de los ovinos, con efectos negativos en la productividad. Su gravedad dependerá de la cantidad de larvas presentes y su ubicación en el parénquima pulmonar, lo que puede provocar una bronconeumonía y signos como disnea, tos, taquipnea, secreción nasal, crecimiento retardado, y en casos graves pueden causar la muerte prematura del ovino. Del mismo modo que los nematodos gastrointestinales, las verminosis pulmonares, afectan las capacidades productivas de los ovinos, sobre todo por la pérdida de peso, afectando la rentabilidad de las unidades productivas (Hernández-Serratos y Díaz-Sánchez, 2022).

Algunos nematodos pulmonares son:

- 4.3.4.4.1.1 *Dictyocaulus filaria*
- 4.3.4.4.1.2 *Protostrongylus rufescens*
- 4.3.4.4.1.3 *Muellerius capillaris*

4.3.4.4.2 Nematodos gastrointestinales

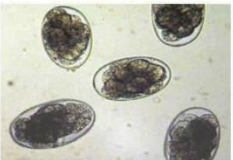
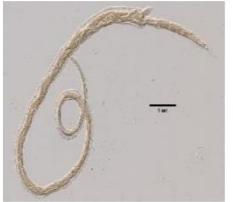
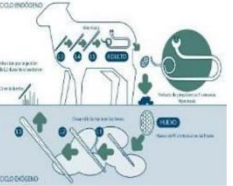
Los nematodos gastrointestinales (NGI) reconocidos como gusanos redondos que comúnmente habitan en el tracto digestivo, afectan gravemente la

ganadería principalmente en climas cálidos y templados. Su ciclo de vida involucra huevos en heces, desarrollo larvario en pastos, y reinfección por consumo de pastos contaminados. De acuerdo con su impacto patógeno y prevalencia, las especies más importantes incluyen a *Haemonchus contortus* (más prevalente y dañino), dos especies de *Trichostrongylus* (*T. colubriformis* y *T. axei*), *Teladorsagia* (antes *Ostertagia*) *circumcincta*, especies de *Cooperia* (principalmente *C. curticei* y *C. surnabada*) y *Oesophagostomum columbianum*; en menor grado *Trichuris ovis*, *Strongyloides papillosus* y *Bunostomum trigonocephalum* (Cuadros 1 al 11) (Reyes-Guerrero et al., 2021; Ojeda et al., 2022).

El daño que provocan estos parásitos en los ovinos varía dependiendo de los hábitos alimenticios y ubicación en el tracto digestivo; sin embargo, por lo general la situación se torna compleja debido a que es muy común identificar infestaciones múltiples que involucran la participación de diferentes especies de NGI. La especie *Haemonchus contortus* es considerada la más patógena, principalmente por su alta prolificidad y sus hábitos hematófagos. La enfermedad causada por este nematodo es conocida como hemoncosis y provoca pérdidas de peso, falta de apetito, disminución de la condición corporal, anemia, debilidad, emaciación, edemas en las extremidades, susceptibilidad a otras patologías y en casos graves, la muerte (Reyes-Guerrero et al., 2021; García-Rubio y Ojeda-Carrasco, 2024).

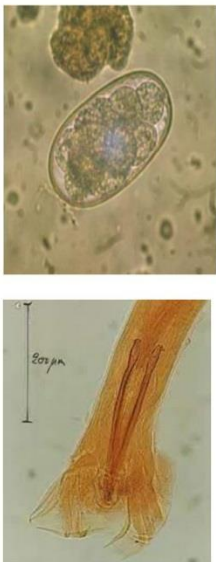
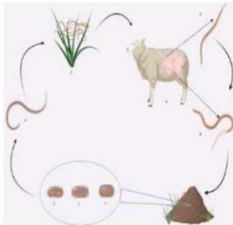
Estas enfermedades se presentan principalmente en países con climas tropicales y subtropicales; aunque también en países con climas templados. Por otra parte, las infecciones por nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes provocan pérdidas económicas significativas, ya que reducen el potencial productivo del rebaño. Estos parásitos no sólo afectan a los pequeños rumiantes, en un estudio realizado en México con bovinos, Reyes-Guerrero et al. (2021), estimaron que las pérdidas económicas provocadas por NGI superan los 445 millones de dólares. Así mismo, refieren que hasta el momento no se cuenta con una investigación sobre el déficit económico dentro de la producción ovina en México; no obstante, con lo mencionado anteriormente es posible inferir el impacto negativo que ocasionan estos parásitos en la industria ovicaprina nacional.

Cuadro 1. Características generales de *Haemonchus contortus*

LOCALIZACION: Abomaso						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
  	<i>H a e m o n c h u s</i>	1. Hemoncosis "Gusano rojo del cuajar", "Gusano de alambre", "gusano barbero"	Dimorfismo sexual. Las hembras son más largas (24- 30mm) que los machos (15-20 mm). La hembra puede ovopositar entre 5.000-15000 huevos por día.	1. Huevo 2. larvas L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Se caracteriza por una distribución global y una alta prevalencia en climas cálidos y húmedos (zonas tropicales y subtropicales). Ingesta de pastos y praderas contaminados	Se produce principalmente a través de la ingesta de larvas infecciosas(L3) presentes en el pasto, que provienen de huevos excretados por animales infestados
	PATOGENIA		HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
	Se debe principalmente a la actividad hematófaga de los gusanos (adultos L5) que se alojan en el abomaso de los ovinos generando una pérdida de sangre y proteínas plasmáticas.		Hematofago	Anemia, pérdida progresiva de coloración en la conjuntiva ocular, baja ganancia de peso, retraso en el crecimiento, anorexia, debilidad, emaciación, edema Submandibular, diarrea.	Prueba de FAMACHA, análisis coproparasitoscópicos cualitativos (método de flotación) y cuantitativos (método de McMaster), conteo de huevos por gramo de heces (HPG)	Benzimidazoles, probenzimidazoles, imidazotiazoles y las avermectinas
CICLO BIOLOGICO	Ciclo biológico directo; fase exógena: Los huevos eliminados con las heces del ganado parasitado contaminan el pasto, donde se desarrollan los estados larvarios (L1, L2, L3). La L3 es la fase infectante para los pequeños rumiantes, se desarrolla en 5 días en condiciones óptimas de temperatura y humedad, Los animales se infestan durante el pastoreo, al ingerir L3 infectantes con la hierba. Fase endógena: Una vez ingeridas, las L3 pierden la vaina y mudan a L4 sobre las criptas gástricas, transformándose después en pre adultos (L5) y Posteriormente en adultos. Después de su fecundación, las hembras comenzarán a eliminar huevos.					

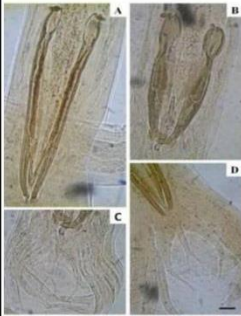
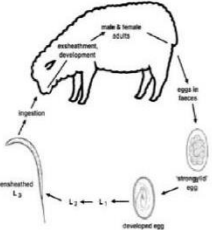
Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcalá et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 2. Características generales de *Ostertagia trifurcata*

LOCALIZACION: Abomaso						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
	<i>Ostertagia</i>	Ostertagiasis, "Gusano estomacal"	Las hembras son indistinguibles de <i>O. circumcincta</i> las espículas de los machos miden entre 220 y 230 µm y terminan en tres procesos romos y en forma de gancho	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Común en climas tropicales, templados y regiones subtropicales con precipitaciones invernales. Está influida por las condiciones ambientales que afectan a sus fases exógenas (huevo y larva) siendo la temperatura y la humedad factores limitantes.	Ingesta de pastos contaminados con la larva de tercer estado
	PATOGENIA		HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
	Las larvas L3, tras ser ingeridas, penetran las glándulas gástricas y se desarrollan, afectando la función digestiva, esto puede llevar a problemas en la producción de enzimas, como la pepsina, generando una reducción en la absorción de nutrientes		Histófago	Abomasitis crónica, diarrea acuosa profusa, anemia, hipoproteinemia, edema submaxilar, debilidad, emaciación	Análisis coproparasitológicos (método de flotación) y cuantitativos (método de McMaster), conteo de huevos por gramo de heces (HPG). y pruebas serológicas (ELISA)	Moxidectina al 1%, a dosis de 0.2mg/kg. Albendazol al 11.36%, a dosis de 7.5mg/kg.
CICLO BIOLOGICO	Ciclo biológico directo. Los huevos se eliminan en las heces del ganado parasitado en el ambiente (fase exógena), dando lugar a 3 estados larvarios (L1, L2, L3), el último de los cuales es la larva infectante que será ingerida por el hospedero durante el pastoreo, una vez ingeridas las L3 pierden la vaina y penetran la mucosa abomasal. allí mudan hasta la L4 hasta transformarse en pre adultos(L5), que alcancen la madurez fase endógena), diferenciación en macho y hembra, cópula y las hembras comenzaran a eliminar huevos que se eliminarán en las heces del ganado					

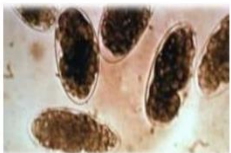
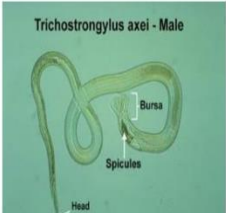
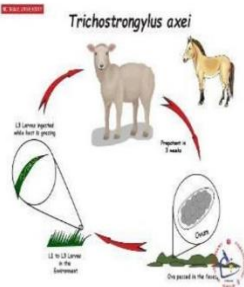
Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcala et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 3. Características generales de *Teladorsagia circumcincta*

LOCALIZACION: Abomaso						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
	<i>T c e i l r a c d u o m r c s i a n g c i t a a</i>	Teladorsagiosis "Gusano pardo del estómago"	Suelen medir menos de 14 mm y son de color parduzco, con una cavidad bucal corta y amplia, y 2 o 3 espículas cortas, delgadas y trifurcadas. El extremo distal de la hembra es anillado	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Es común en zonas templadas y frías, en los estados de Tabasco, Chiapas, Yucatán, Campeche, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.	Ingesta de L3 infecciosa durante el pastoreo
	PATOGENIA		HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
	El parásito se alimenta de la mucosa del abomaso, causando inflamación y daño a las glándulas secretoras de ácido clorhídrico, lo que afecta la digestión de los alimentos.		Histófago	Diarrea, pérdida de peso, disminución del apetito y problemas de crecimiento. En casos graves, puede causar anemia y edema especialmente en corderos	Cuadro clínico. Análisis coproparasitológicos (método de flotación) y cuantitativos (método de McMaster), conteo de huevos por gramo de heces (HPG).	Moxidectina al 1%, a dosis de 0.2mg/kg. Albendazol al 11.36%, a dosis de 7.5mg/kg.
CICLO BIOLOGICO	Ciclo biológico directo. Los huevos se eliminan en las heces del ganado parasitado en el ambiente (fase exógena), dando lugar a 3 estados larvarios (L1, L2, L3), el último de los cuales es la larva infectante que será ingerida por el hospedero durante el pastoreo, una vez ingeridas las L3 pierden la vaina y penetran la mucosa abomasal. allí mudan hasta la L4 hasta transformarse en pre adultos(L5), que alcanzan la madurez sexual (fase endógena), las hembras comenzaran a eliminar huevos que se encontraran en las heces del ganado					

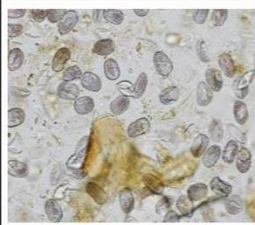
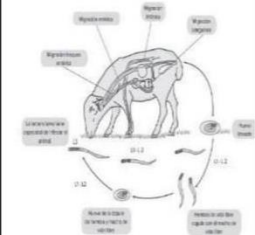
Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcalá et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 4. Características generales de *Trichostrongylus axei*

LOCALIZACIÓN: Abomaso						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
 <i>Trichostrongylus axei</i> 	<i>T r i c h o s t r o n g</i>	"Gusano piloso del estómago"	Los adultos son delgados, de color pardo rojizo y alcanzan 11 mm de longitud. La bursa de los machos tiene lóbulos laterales. Los huevos miden unas 40 x 80 micras y su membrana es fina.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Las condiciones cálidas y húmedas favorecen el desarrollo y la supervivencia de las larvas en el pasto, los animales jóvenes son los más susceptibles a la infestación.	Ingesta de pastos contaminados con la larva infectante (L3)
PATOGENIA			HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
 <i>Trichostrongylus axei</i>	T. axei genera irritación pudiendo llegar a erosionar las superficies de la mucosa, que se acompañan de hiperemia (aumento del flujo sanguíneo) y pueden incluso formar úlceras. Esto resulta en la pérdida de proteínas desde el tracto gastrointestinal y una disminución en la absorción de nutrientes.		Se alimenta principalmente de las secreciones gástricas y el tejido superficial del estómago	Diarrea acuosa prolongada (disenteria negra), gastritis y úlceras abomasaes, disminución en la producción de leche o lana, anemia, debilidad y adelgazamiento	Identificación de huevos de T. axei mediante técnicas coproparasitológicas de flotación, recuento de huevos por gramo de heces (prueba de McMaster) y hallazgos a la necropsia.	Moxidectina oral 1% a dosis de 0.2 mg/kg. Ivermectina oral a dosis de 0.2 mg/kg
CICLO BIOLOGICO	Ciclo directo: Los huevos blastomerados salen en las heces, los cuales son dispersados en el suelo y en 7 a 8 días se desarrolla la tercera larva en un medio húmedo y a temperatura favorable. Los ovinos se infestan por vía oral al ingerir pasto o pienso contaminado con esta L3, posteriormente la larva penetra las glándulas gástricas, durante 13 a 14 días, para después llegar a ser adulto en el lumen del estómago.					

Fuente: Adaptada de Quiroz (2012); Alcalá et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 5. Características generales de *Strongyloides papillosus*

LOCALIZACION: intestino delgado y transitoriamente en piel						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
  	<i>S e p t s a r p o i n l g l y o l s o u i d</i>	Vermínosis gastroentérica	Hembra partenogénica, mide de 3.5mm a 6mm de largo, los huevos son de forma elipsoidal con cascarón delgado, la larva de vida libre presenta esófago rabadiforme.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Se caracteriza por una distribución mundial, con mayor prevalencia en zonas tropicales y subtropicales	Se transmite al hospedero a través de la penetración percutánea o de la mucosa oral por las larvas infectantes (L3) presentes en el suelo. O por consumo de las larvas infectantes. Las crías también pueden infectarse por vía lactógena después del parto.
PATOGENIA			HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
Las larvas ejercen acción traumática al penetrar por la piel y los diferentes tejidos hasta llegar a pulmón y romper la pared capilar y alveolar, ejerciendo acción tóxica por medio de la secreción de enzimas proteolíticas. Mientras que, en su fase adulta, en el intestino ejerce acción traumática, taladrante, destruyendo el espesor del epitelio y de la submucosa.			histiofago	Cutáneos: dermatitis, pústulas, claudicación, balanopostitis. broncopulmonar: Bronquitis, neumonía Invasión intestinal: Anorexia, diarrea intermitente con moco y sangre, diuresis, lasitud, anemia, retardo en el crecimiento, deshidratación.	Cuadro clínico gastroentérico, análisis coproparasitológico por flotación, técnica de Bermann diagnóstico post-mortem.	Lactonas macrocíclicas, doramectina
CICLO BIOLOGICO	Ciclo directo y complejo: en el hospedero las hembras viven en la mucosa del intestino delgado donde ponen sus huevos embrionados, los huevos salen en las heces y eclosionan, larva rabadiforme (L1), progresivamente pierde la forma rabadiforme (L2) y muda dando lugar a la tercera larva con esófago filariforme (L3), posteriormente se inicia la diferenciación sexual; la tercera larva muda y da lugar al cuarto estado larvario (L4), sucede la cuarta muda y aparece el adulto con esófago rabadiforme. Ciclo de vida libre: los adultos machos y hembras copulan y la hembra pone huevos generalmente no embrionados; se desarrollan larvas semejantes a las que nacen hembras de vida parasitaria, la única diferencia es que estas larvas no desarrollan otra generación de vida libre. La L3 puede infestar al huésped por vía transcutánea a través de la piel o de los folículos pilosos y por vía oral.					

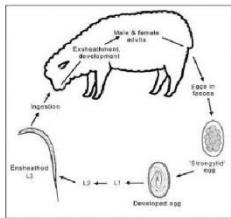
Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcala et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 6. Características generales de *Bunostomum trigonocephalum*

LOCALIZACION: Intestino delgado y transitoriamente en piel						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
	<i>Bunostomum trigonocephalum</i>	"Gusano gancho", Bunostomosis	El macho mide de 12 a 17 mm y la hembra de 19 a 26 mm de largo. Posee una cápsula bucal infundibular, con 2 placas cortantes en forma semilunar, además posee 2 lancetas cerca del esófago.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Presente en regiones cálidas y húmedas, se les encuentra a menudo con otros parásitos gastrointestinales, afecta principalmente a ganado joven que aún no está destetado en temporadas de lluvia.	Contacto directo con el suelo contaminado con larvas infectantes por vía transcutánea. La transmisión oral no es tan común ni eficiente
	PATOGENIA		HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
	Las larvas penetran la piel o intestino, ejerciendo acción traumática, que se traduce en dermatitis o gastroenteritis, generando lesiones en la pared intestinal, ruptura de vasos sanguíneos, destrucción de las vellosidades con inflamación e infiltración celular en las criptas.		Histiófaga y hematófaga	Comezón en patas y pezuñas, pérdida rápida de masa corporal, emaciación, anemia, edema submandibular; estreñimiento seguido de diarrea, heces fétidas y alquitranadas.	Identificación de larvas en coprocultivo y análisis coproparasitoscópico por flotación.	Thiabendazol en dosis de 50 a 100 mg/kg. Tetramisole, en dosis de 5 a 15 mg/kg. Levamisol, en dosis de 8 mg/kg., Mebendazol en dosis de 15 a 20 mg/kg
CICLO BIOLOGICO	Ciclo directo y complejo: Periodo de prepatencia 52 a 60 días; los huevos son expulsados a través de las heces, la primera larva se desarrolla a larva 3 infectiva en 5 a 16 días y conserva la cutícula de la primera y segunda larva. La larva 3 no permanece en el bolo fecal, no sube a las hojas del pasto como los de otros strongilidos. La infestación se produce por vía transcutánea, la larva llega a los capilares cutáneos y por vía sanguínea llegan al pulmón, son deglutidas y llegan al intestino donde llegan al estado adulto y maduran sexualmente. El periodo prepatente por esta vía es de 40 a 70 días mientras que por si la infección es por vía oral es de 64 a 84 días.					

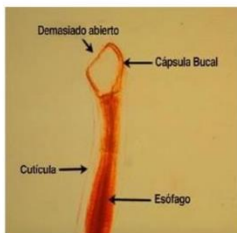
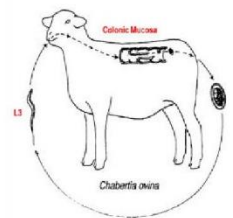
Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcalá et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 7. Características generales de *Cooperia curticei*

LOCALIZACION: intestino delgado						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
  	<i>C c</i> <i>o u</i> <i>o r</i> <i>p t</i> <i>e i</i> <i>r c</i> <i>i e</i> <i>a i</i>	Cooperiasis, "Diarrea negra de los corderos"	El macho mide de 4.6 a 5.4 mm y la hembra de 5.8 a 6.2 mm de largo. La cutícula del extremo anterior del cuerpo posee estrías longitudinales, con líneas transversas y estriadas. Termina en una cola aplanada y enrollada.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Es abundante en regiones tropicales y subtropicales. El reservorio principal es el suelo. De mayor prevalencia en animales jóvenes.	Ingestión de pastos o hierba contaminada con la larva infectante L3
PATOGENIA			HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
Producen lesiones superficiales en las criptas de Lieberkühn. Tras la ingesta de las L3, estas penetran entre las criptas epiteliales de la mucosa formando túneles por debajo del epitelio, estos túneles contienen parásitos en desarrollo que se rompen para liberar vermes jóvenes, lo que produce hemorragia y edema			Hematófago e Histófago	Menor ganancia de peso, inapetencia, diarrea verde oscura, hipoproteinemia, mucosas pálidas, deshidratación anemia	Análisis mediante pruebas coproparasitológicas de flotación y por la técnica de McMaster (HPG) Examen clínico antemortem y examen posmortem	Para formas adultas: Ivermectina oral a dosis de 0.2 mg/kg. Pirantel y morantel.
CICLO BIOLOGICO	Ciclo directo: Periodo de prepatente de 14 días; los huevos del parásito son eliminados en las heces del animal al pasto, en condiciones favorables, los huevos eclosionan y liberan larvas de primer estadio (L1), posteriormente dichas larvas mudan a larvas de segundo estadio (2), y nuevamente muda a larva de tercer estadio (L3), que son las que pueden infectar al hospedador (fase exógena). Las larvas L3 son ingeridas por el hospedador al consumir el pasto contaminado, las larvas L3 comenzaran a penetrar la mucosa del intestino delgado las cuales nuevamente volverán a mudar al cuarto estadio larvario (L4) y así mismo al quinto estadio larvario (L5) quienes maduraran a adultos machos y hembras.					

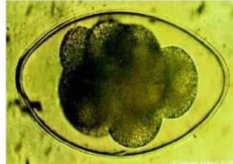
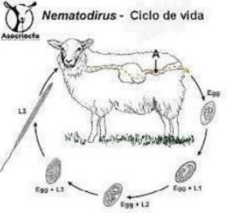
Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcalá et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 8. Características generales de *Chabertia ovina*

LOCALIZACION: Intestino delgado						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
	C h a o b v e i r n t a i a	Chabertiosis, Chabertiasis, "Lombriz de boca grande", "gusano nodular".	Es un nematodo intestinal con una boca grande Es de color blanco y corpulento. Los machos miden de 13 a 14 mm de longitud y Las hembras tienen un tamaño de 17 a 20 mm x 500 µm.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Condiciones favorables de temperatura y humedad Los animales jóvenes son más susceptibles	Contaminación fecal de los pastos
						
	PATOGENIA		HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
	Las larvas ejercen acción traumática al penetrar en la pared intestinal, que se traduce en pequeños puntos hemorrágicos, ejercen acción mecánica por presión y obstrucción sobre las células circunvecinas. La acción bacterífera por el arrastre de bacterias de la luz intestinal hacia la pared da lugar a la formación de pequeños abscesos. Con su gran capsula bucal ocasionan pequeñas úlceras		Hematófago e Histófago	Diarrea hemorrágica, de color oscuro, caquexia, pérdida de peso y anemia	Análisis coproparasitológico por flotación durante el periodo prepatente, coprocultivo e identificación de larvas; Examen posmortem: lesiones en el colon con presencia de larvas tisulares o lesiones entéricas	Tiabendazol a dosis de 50 a 80 mg/kg, Tetramisol en dosis de 7.5 a 15 mg/kg. Tiofanato para formas adultas a dosis de 50 mg/kg. Oxfendazol a dosis de 5mg/kg
CICLO BIOLOGICO	Ciclo directo: Los huevos salen en las heces, en condiciones favorables de temperatura y humedad la primera larva L1, aparece en el primer día, se alimenta, muda, se forma de segunda larva L2, que se alimenta y llega al estado de tercera larva L3, en un lapso de 5 a 7 días. Después de la ingestión la tercera larva L3 muda en el colon y se adhieren a la mucosa intestinal, en donde crece, muda a larva 4, larva 5 y adulto macho y hembra que comienzan a reproducirse aproximadamente a los 21 días postinfestación.					

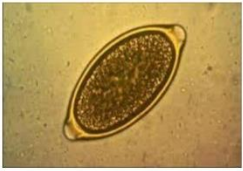
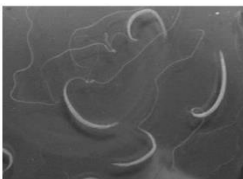
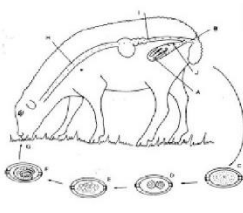
Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcala et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 9. Características generales de *Nematodirus filicollis*

LOCALIZACION: Abomaso						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
  	<i>Nematodirus filicollis</i>	Nematodiriasis "Brotos de primavera"	El macho mide de 10 a 15 mm y hembra de 15 a 20 mm de largo. El extremo posterior del cuerpo de las hembras es más grueso que el anterior, lo que hace que la cabeza parezca hinchada. Los huevos son especialmente grandes, alcanzan un tamaño de 90 x 200 micras.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	En corderos puede ser grave y provocar altas tasas de mortalidad. Las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura, pueden afectar la supervivencia y desarrollo de las larvas en el pasto.	Ocurre principalmente a través de la ingestión de huevos larvados presentes en el pasto.
PATOGENIA			HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
Las larvas L3 infectan a los corderos recién nacidos antes del destete, dañando el intestino delgado y causando inflamación y una pérdida grave de proteínas y agua, lo que resulta en diarrea y deshidratación.			Se alimenta de los nutrientes contenidos en el intestino del huésped.	Enteritis, heces oscuras, diarrea negra a verde oscura, hipoproteinemia, edema periférico, pelo hirsuto, apatía, pérdida de apetito y peso.	Análisis coproparasitológico mediante flotación la presencia de huevos de mayor tamaño que los otros strongílidos	Ivermectina: 200 mg/kg vía subcutánea. Fenbendazol: 7.5 mg/kg vía oral
CICLO BIOLOGICO	Ciclo directo: Los huevos son eliminados con las heces y, en condiciones adecuadas de humedad y temperatura, desarrollan larvas de primer estadio (L1). Estas larvas mudan a larvas de segundo estadio (L2) y finalmente a larvas de tercer estadio (L3), que son la fase infectante. Los animales se infestan al ingerir estas larvas L3 al pastar (fase exógena). Dentro del hospedero, las larvas mudan (L4) y luego a (L5) fase adulta macho y hembra, que se reproducen en el intestino delgado, completando así el ciclo.					

Fuente: Adaptada de Quiroz (2012); Alcalá et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 10. características generales de *Trichuris ovis*

LOCALIZACION: Intestino grueso						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
 	<i>T r i c h u r i s o v i s</i>	Trichuriasis, Tricocefalosis	Forma alargada, con un tercio anterior delgado que se asemeja al mango de un látigo. Los machos suelen medir entre 53 y 75 mm de largo, mientras que las hembras pueden alcanzar entre 32 y 70 mm. Extremo anterior: La parte delgada se incrusta en la pared del ciego y el colon del animal. Extremo posterior: La parte más gruesa permanece libre en el lumen del intestino.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	Se ha encontrado una alta prevalencia en regiones con climas cálidos y húmedos. Los animales jóvenes pueden ser más susceptibles a la infestación debido a su sistema inmunitario aún inmaduro.	Ocurre principalmente por la ingestión de huevos embrionados que se encuentran en el suelo contaminado con heces de animales infestados.
	PATOGENIA		HABITOS ALIMENTICIOS	SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
	La acción patógena inicia cuando las larvas penetran la piel en la pared del ciego y colon durante un periodo de 3 a 10 días, ejerciendo una acción traumática al romper la mucosa y submucosa, la acción mecánica se ejerce por presión y la obstrucción sobre los tejidos.		Larvas histiófagas, Adultos histiófago y hematófagos	Anorexia, anemia, diarrea con moco y sangre, marcada reducción del crecimiento y muerte	Análisis coproparasitoscópico por la técnica de flotación. Los huevos son ovalados, de color marrón amarillento y presentan tapones polares en ambos extremos.	Para fases adultas: Ivermectina oral de 0.2 mg/kg. Oxfendazol a 4.5 mg/kg
CICLO BIOLOGICO	Ciclo directo: Los huevos salen con las heces, en condiciones favorables se desarrolla la larva dentro del huevo a una temperatura óptima entre 25° y 28°C, en presencia de humedad y oxígeno. A 33° la larva infectante se desarrolla en 18 días y tienen la capacidad de permanecer viables por más de un año. La infestación se produce por vía oral, la larva eclosiona en el intestino, penetra en la pared del ciego o del colon durante algunos días, luego regresa al lumen para llegar a su madurez sexual. El periodo prepatente es de 3 meses.					

Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcalá et al (2018) y Bowman (2022)

Cuadro 11. Características generales de *Oesophagostomum columbianum*

LOCALIZACION: Intestino grueso						
IMAGEN	ESPECIE	ENFERMEDAD O SINONIMIA	CARACTERISTICAS	ESTADIOS DE DESARROLLO	EPIDEMIOLOGIA	TRANSMISION
  	<i>O</i> <i>e</i> <i>s</i> <i>o</i> <i>p</i> <i>h</i> <i>a</i> <i>g</i> <i>o</i> <i>s</i> <i>t</i> <i>c</i> <i>o</i> <i>l</i> <i>u</i> <i>m</i> <i>b</i> <i>i</i> <i>a</i> <i>n</i> <i>u</i> <i>m</i>	Esofagostomosis "Gusano nodular"	Posee papilas cervicales bien desarrolladas y alas cervicales que producen marcada curvatura de la parte anterior del cuerpo. La cutícula forma una especie de collar cefálico. El macho mide de 12 a 16 mm y la hembra de 14 a 18 mm.	1. Huevo. 2. L1, L2 y L3 (fase exógena). 3. L4 y L5 o adulto (fase endógena). 4. Madurez sexual, diferenciación en macho y hembra	La supervivencia de las larvas en el suelo es de 3 meses y la temperatura óptima son 30 °C. La larva L3 requiere de una humedad de 100%	A través de la ingestión de las larvas infectivas que se encuentran en el suelo.
PATOGENIA		HABITOS ALIMENTICIOS		SIGNOS	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO
Las larvas ejercen acción traumática e irritativa durante el proceso de entrada y salida en la mucosa intestinal, se comportan como cuerpos extraños dando lugar a una reacción inflamatoria subaguda con la formación de nódulos patognomónicos en la pared del intestino grueso y ocasionalmente en el delgado. Los nódulos pueden inflamarse necrosarse e inclusive mineralizarse con el tiempo causando obstrucción intestinal.		Larvas hematófagas. Estadio adulto se alimentan de contenido intestinal		De forma aguda: hipertermia, anorexia, adinamia, cólicos con dolor abdominal, diarrea oscura de olor fétido. De forma crónica: se presenta en los animales jóvenes, diarrea, mala digestión, anemia y falta de desarrollo	Realización de coprocultivos ya que no se puede distinguir con facilidad y por examen postmortem, para identificación de los parásitos y las lesiones.	Fenotiacina en dosis de 200 a 500 mg/kg con partículas de 5 micras. Ditiazanina a dosis de 209 a 330 mg/kg en ovinos. Triclorfon: a dosis de 30 mg/kg
CICLO BIOLOGICO		Ciclo directo: Periodo de prepatencia de 42 días, los huevos salen en las heces, la primera larva eclosiona en el suelo el primer día, se alimenta y muda a L2. La tercera larva se desarrolla en un lapso de 5 a 7 días, los hospederos se infestan por ingestión de la L3 con el agua o alimentos contaminados. La larva muda y penetra en la pared del intestino grueso y nuevamente muda (L4), regresa a al lumen del intestino y vuelve a mudar para llegar al estado adulto en el intestino grueso.				

Fuente: Adaptada de Quiroz (2012) ; Alcala et al (2018) y Bowman (2022).

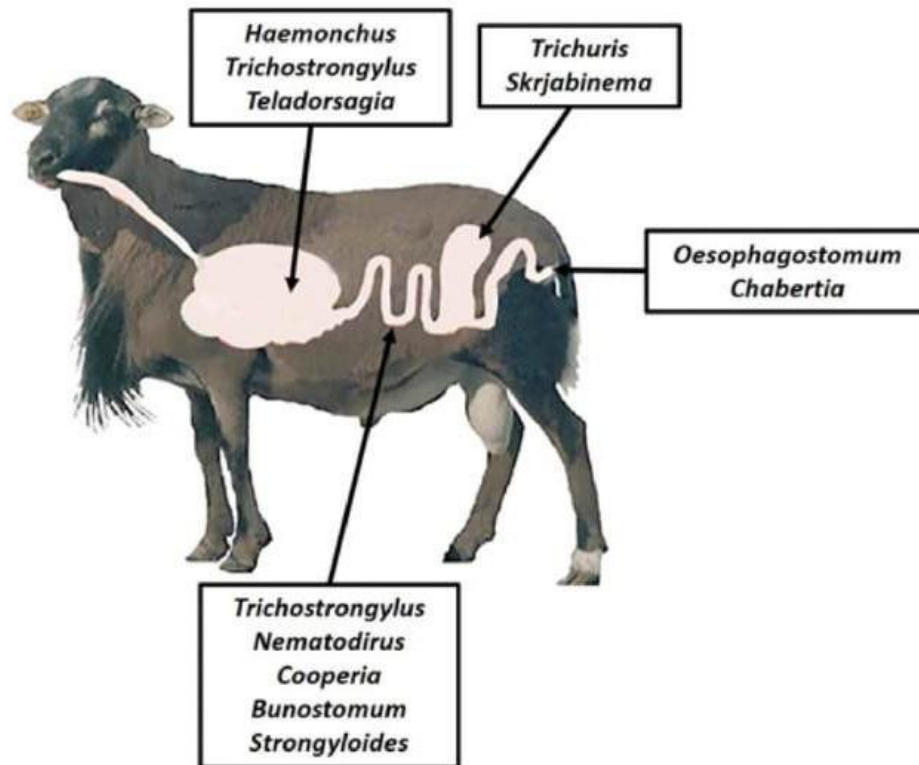


Figura 2. Principales géneros de nematodos gastrointestinales que parasitan a los ovinos en México

Fuente: Imagen tomada de Bautista y Aguilar (2022).

4.4 TIPOS DE CONTROL DE LOS NEMATODOS GASTROINTESTINALES

Un aspecto fundamental en la producción ovina, está relacionado con el control de los parásitos. La variedad de métodos empleados hasta ahora, incluyen estrategias físicas, químicas y biológicas, orientadas a disminuir la carga parasitaria de los animales, como medida de prevención de enfermedades, mantener la salud de los animales y aumentar la productividad de las unidades en rebaños que han sido afectados por NGI (Toro et al., 2014).

4.4.1 Control físico

4.4.1.1 Manejo del pastoreo

El sistema de pastoreo rotacional (PR) se basa en dejar a los animales pastando durante 3.5 días en un área, seguido de periodos de descanso del pastizal

de 31 días en condiciones tropicales, reduciendo considerablemente los NGI en ovinos y cabras (Figura 3) (Mendoza y Torres, 2023). Estudios realizados en la India, reportan que en este tipo de sistemas (PR) el conteo fecal de huevos se reduce en un 55.52% en comparación del que se presenta en sistemas de pastoreo continuo. En otra investigación se reportó una disminución de la población de L3 de hasta un 48.1% en heces; así como el aumento en las ganancias de pesos en animales cuando se emplea el pastoreo rotacional como medida de control (Reyes-Guerrero et al., 2021). Por otra parte, un estudio realizado en México por Vásquez et al. (2006) reportan un 74.0% de reducción de huevos de nematodo al utilizar este tipo de sistema.

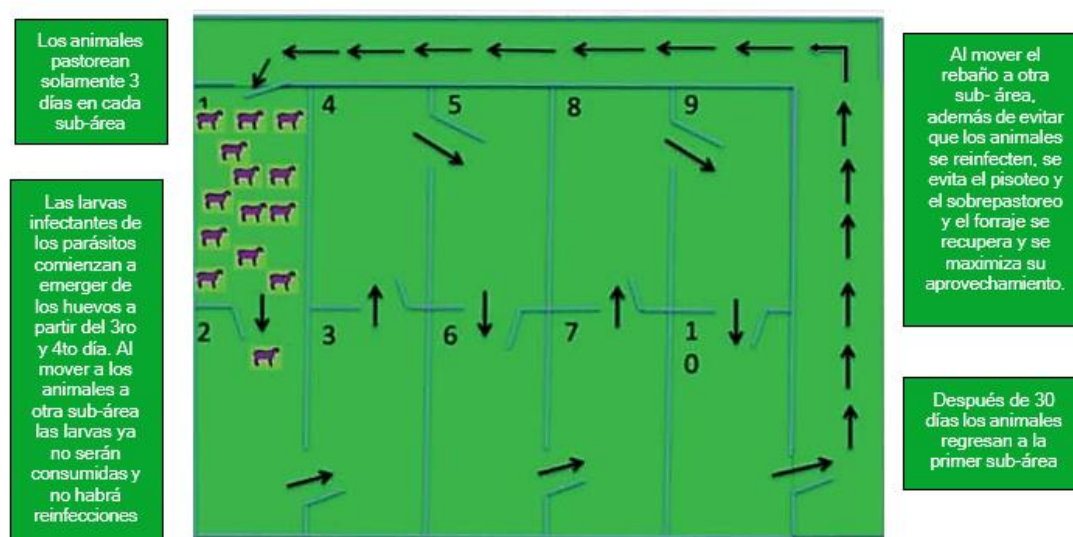


Figura 3. Esquema de rotación de praderas usando 10 potreros con 3 días de uso en cada potrero y 30 días de descanso. El mismo esquema puede servir para 4 días de uso y 40 días de descanso.

Fuente: Imagen tomada de Mendoza y Torres (2023)

4.4.1.2 Empleo de plantas con actividad antihelmíntica

Las hojas de algunos arbustos y árboles de las selvas y algunos otros ecosistemas de México contienen sustancias llamadas compuestos secundarios que pueden ayudar a reducir la cantidad de nematodos gastrointestinales en ovejas y cabras. En México existen varios ejemplos de plantas que dañan a los nematodos

gastrointestinales del ganado ovino, caprino y bovino. Sin embargo, sus nombres comunes solo son reconocidos en algunas zonas del país y la misma planta tiene diferentes nombres comunes en diferentes partes del país (Mendoza y Torres, 2023). Como, por ejemplo:

- *Acacia pennatula*
- *Gymnopodium floribundum*
- *Lysiloma* sp.
- *Senegalia gaumeri*
- *Mimosa bahamensis*
- *Havardia albicans*

En muchos ecosistemas las plantas brotan y crecen naturalmente y los animales son capaces de consumirlas en el pastoreo. En algunos sistemas de producción, los productores deciden cortar el follaje directamente y llevarlo al comedero de sus animales. Las hojas de estas plantas pueden incluirse hasta en un 40% de la dieta de los animales (Mendoza y Torres, 2023).

Una de las principales alternativas de control, se centra en el uso de leguminosas debido al efecto antihelmíntico de muchos de sus productos del metabolismo secundario, como los taninos (tanto hidrolizables como condensados), flavonoides y otros polifenoles. El uso de diferentes leguminosas en México ha dado excelentes resultados contra NGI. En estudios tanto *in vitro* como *in vivo* con la especie *Leucaena leucocephala*, han mostrado su alta eficacia antihelmíntica contra NGI; así mismo en otro tipo de leguminosas como las Acacias, estudios *in vitro* han demostrado un alto potencial ovicida contra dos especies de *Haemonchus* (*H. contortus* y *H. placei*) y *Cooperia punctata*, debido a la presencia del ácido hidroxicinámico presente en las hojas de esta planta (Reyes-Guerrero et al., 2021).

4.4.1.3 Uso de partículas o agujas de cobre

Dentro de los métodos físico-químicos empleados, destaca el uso de las agujas de óxido de cobre, conocidas como AOC. Las AOC son pequeños artefactos con forma de agujas, elaboradas industrialmente (Figura 4), las cuales son empleadas específicamente contra NGI que se localizan en el abomaso (como *H. contortus*, *T. axei* y *T. circumcincta*) su utilización no es generalizada sino selectiva, ya que se emplea en ovinos de determinadas edades y condiciones fisiológicas, lo que ha contribuido a reducir el empleo de antihelmínticos comerciales. Su aplicación requiere de un control riguroso, para evitar la introducción de cantidades excesivas de cobre, que junto con otros factores pueden llevar a una toxicosis (Torres et al., 2014).

Dichas partículas son administradas por vía oral en cápsulas de gelatina, a una dosis de 2 g/animal (en corderos y cabritos) y de 4 g/animal (en adultos), (Mendoza y Torres, 2023), las cuales pasan a través del rumen y se alojan en los pliegues del abomaso del ovino en el que el pH induce la liberación de altas concentraciones de Cobre soluble, que afecta la fisiología de los NGI localizados en el abomaso (Ramírez, 2014).

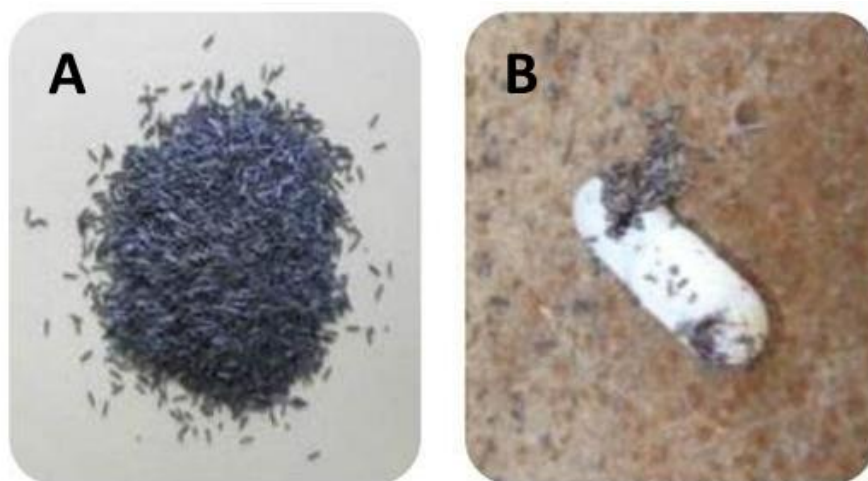


Figura 4. A. Agujas de óxido de cobre. B. Se aprecian las agujas de óxido de cobre saliendo de una cápsula mordida por un caprino.

Fuente: Adaptada a partir de las imágenes tomadas de Torres et al. (2014).

4.4.2 Control biológico

4.4.2.1 Uso de hongos nematófagos

Son hongos microscópicos que se caracterizan por su capacidad para atrapar, matar y digerir a los NGI en sus diferentes estadios (huevos, larvas y adultos), utilizando los restos de los nematodos para generar nuevas hifas, esporas o micelio. Tienen diferentes formas de acción, los “atrapadores” forman trampas mecánicas o adhesivas con sus hifas; otros, que funcionan como endoparásitos, lo hacen generando daño a través del ingreso de sus esporas. Los especializados como ovicidas, desarrollan unas estructuras denominadas “apresorios” en los extremos de sus hifas, con las cuales se adhieren y penetran a los huevos para digerirlos. Finalmente, están los productores de toxinas que, al entrar en contacto con los NGI, los mata (Nordbring-Hertz et al., 2006).

Hasta ahora, se han estudiado diferentes especies de hongos nematófagos, en las que se incluye a *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium*, y tres especies de *Arthrobotris* (*A. oligospora*, *A. conoides* y *A. mendozadegivensis*). De todas estas, *D. flagrans* es la más estudiada, reportando excelentes resultados por la gran capacidad de sus clamidosporas para digerir NGI cuando son administradas oralmente con el alimento o en suspensión acuosa a los ovinos. Al llegar al tracto digestivo, los NGI las capturan y se alimentan de ellas, lo que resulta en una reducción significativa de la población parasitaria, con un rango de eficiencia de entre 70 y 90%. Con la reducción de la carga de larvas en las heces, se aminoran los riesgos de nuevas infecciones y reinfecciones en los rebaños (García et al., 2015; Reyes-Guerrero et al., 2021).

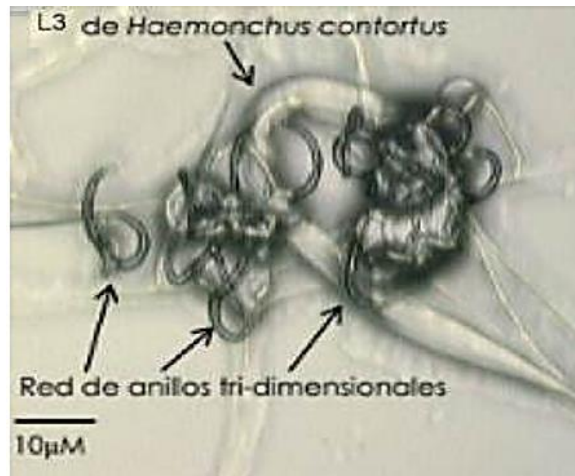


Figura 5. Larva infectante (L3) de *Haemonchus contortus* atrapada en una red de anillos tridimensionales de *Duddingtonia flagrans*.

Fuente: Tomada de Reyes-Guerrero et al. (2021).

4.4.2.2 Selección genética

Existen diferentes razas de ovinos que llegan a presentar mayor o menor susceptibilidad a los NGI. En el caso de México, las razas Pelibuey y Panza Negra (Figura 6) han demostrado tener la capacidad de infectarse con menos cantidades de parásitos comparados con otras razas de ovejas de pelo como Katahdin o Dorper (Mendoza y Torres, 2023).

La selección animal con fenotipo de resistencia puede dar la pauta para mejorar la resistencia de la progenie en programas de crianza; ya que, al obtenerse una descendencia de animales resistentes, estos presentan menos nematodos adultos y, por ende, una menor eliminación de huevos al suelo y una menor contaminación del pasto por L3 (Reyes-Guerrero et al., 2021).



Figura 6. Razas de ovinos de pelo que han demostrado gran resistencia contra los nematodos gastrointestinales: (A) Panza Negra macho, (B) Pelibuey macho.

Fuente: Imagen tomada de Mendoza y Torres (2023)

4.4.3 Control químico

Los antihelmínticos constituyen en la actualidad el principal método de control de los nematodos en rumiantes, con una gran importancia en la industria farmacéutica veterinaria (Reyes-Guerrero et al., 2021). La mayoría de estos compuestos son altamente efectivos y selectivos en el control de los endoparásitos, los cuales deben ser usados y elegidos adecuadamente, con base en criterios técnicos, con el fin de obtener respuestas clínicas favorables y de paso minimizar la resistencia a estos fármacos. Los productores han usado por lo general compuestos químicos para el control de estos endoparásitos, estrategia que ha tenido ventajas de ser económica, eficaz y de fácil aplicación; pero, al mismo tiempo, posee la desventaja de su incapacidad para prevenir o controlar en las poblaciones parasitarias el desarrollo de resistencia a estas sustancias químicas (Márquez, 2007).

Los siguientes factores, relacionados con el hospedero y el parásito, deben tenerse en cuenta al emplear antihelmínticos:

- Especie y raza

- Edad de los animales
- Carga parasitaria del hospedador
- Peso
- Estado fisiológico del animal
- Tipo de parásito

Las características deseables de un antihelmíntico, son:

- Eficiencia: el espectro de actividad debe ser amplio y que elimine un porcentaje alto de parásitos, atacando todas las fases de su ciclo vital. Generalmente se acepta como eficiencia recomendada a aquella que elimina 95% de los parásitos, mientras que un producto de baja eficiencia se considera cuando el porcentaje de eliminación de parásitos es inferior a este porcentaje (95%).
- Ausencia de efectos colaterales.
- Bajos o nulos niveles de toxicidad tanto para el hospedero, como para el ambiente.
- Productos pecuarios de consumo, libres de residuos.
- Varias vías de administración.
- Fácil administración.
- Índice terapéutico alto.
- Económico o de bajo costo.

Existen varios antihelmínticos disponibles en el mercado para el control de los parásitos nematodos localizados en el tracto gastrointestinal. Los cuales pertenecen a cinco grupos o familias (Cuadro 12).

Cuadro 12. Grupos de antihelmínticos más comunes y disponibles en el mercado.

Grupo de antihelmínticos	Fármacos disponibles
Imidazotiazoles	Levamisol Tetramisol
Tetrahidropirimidinas	Morantel Pirantel
Benzimidazoles	Tiabendazol Fenbendazol Albendazol Oxfenbendazol Parbendazol Cambendazol Mebendazol Lufendazol Luxabendazol Triclabendazol Probenzamidazoles
Salicilanilidas	Oxiclosanida Rafoxanida Closantel Niclosanida
Lactonas macrocíclicas	Milbemicina Avermectinas (ivermectina, abamectina, doramectina y moxidectina)

Fuente: Tomado de Márquez (2007).

4.4.3.1 Imidazotiazoles / Tetrahidropirimidinas

Los imidazotiazoles (IMZ) actúan selectivamente como agonistas colinérgicos (receptores nicotínicos) de las membranas de las células musculares de los NGI, resultando en contracción muscular y parálisis espástica (Mendoza y Torres, 2023). Luego éstos son expulsados gracias al peristaltismo intestinal, lográndose la eliminación rápida de los parásitos. El levamisol se absorbe a través de la cutícula, lo que le permite actuar directamente sobre los nematodos, funcionando como un agonista colinérgico, lo que significa que simula los efectos de la acetilcolina en el sistema nervioso de los parásitos. Esta acción interfiere con la neurotransmisión normal, generando una parálisis espástica y por consecuencia, la muerte del parásito. Por esta razón, se requiere precaución y un manejo cuidadoso al utilizarlo en el tratamiento de los animales, para evitar efectos adversos (Márquez, 2014).

4.4.3.2 Benzimidazoles

El uso de los benzimidazoles se inició a mediados de los años sesenta, cuando se introduce al mercado veterinario el tiabendazol. El desarrollo de estos fármacos se continuó posteriormente, desde el parbendazol de bajo espectro hacia otras sustancias de mayor, lo que permitió su uso en el control de diferentes tipos de helmintos (cestodos, trematodos y NGI), lo que les ha conferido una gran importancia en el ámbito terapéutico (Márquez, 2007; Márquez 2020). Su mecanismo de acción, está orientado a interferir en los procesos metabólicos y estructurales de los parásitos. Al unirse a las subunidades α de la β -tubulina (proteína estructural), impiden que esta pueda ensamblarse, afectando la formación de microtúbulos en las células del parásito. Esto no solo afecta la estructura, sino que también interrumpe procesos vitales para el parásito como la división celular, el transporte de nutrientes, inhibición de la captación de glucosa, la secreción de proteínas, principalmente, ocasionando inanición de los parásitos (Márquez, 2014; Mendoza y Torres, 2023).

4.4.3.3 Salicilanilidas

En este grupo farmacológico, el Closantel ha sido identificado como una buena estrategia de control de NGI, especialmente cuando ya se ha presentado resistencia a otros antihelmínticos. Las ventajas que ofrece, son su alta afinidad por las proteínas plasmáticas, biodisponibilidad media y eliminación prolongada (hasta 15 días, especialmente en ovinos). La eficiencia de absorción suele variar dependiendo de la vía de administración empleada, siendo mayor cuando se usa la vía parenteral, que la oral. Actúa contra *Haemonchus contortus*, *Fasciola hepatica*, *Oestrus ovis* y algunos artrópodos; es importante mencionar que su efectividad contra *H. contortus* se debe a la atracción por las proteínas plasmáticas superior a 99%. El Closantel, es un antiparasitario con una vida media muy larga (2 a 3 semanas), y aunque una proporción importante de la dosis (alrededor del 90%) es excretada, el 10% que permanece en el organismo, principalmente en el hígado para seguir una ruta de monodeiodinación reductiva, desde la cual se forman los isómeros del fármaco (monoiloclosantel) que son los responsables del efecto prolongado y la alta unión a las proteínas plasmáticas de los parásitos, para su control (Márquez, 2014; Mancilla et al., 2022).

4.4.3.4 Lactonas macrocíclicas

Las lactonas macrocíclicas (LM) conforman un grupo de antihelmínticos de amplio espectro, que se producen de forma directa o indirecta mediante procesos fermentativos que ocurren en algunas especies de estreptomicetos del suelo del género *Streptomyces*. Son efectivos contra endoparásitos (principalmente NGI) y ectoparásitos (artrópodos) de amplio uso en la medicina veterinaria y humana, aunque destaca su uso como endectocidas. Cuentan con una diversidad de formulaciones, así como de vías de administración (oral, tópica, subcutánea). Están clasificadas en dos grandes grupos: las Avermectinas y las Milbemicinas (Vázquez-Quintanal et al., 2022).

Las avermectinas, cuyo nombre deriva de los acrónimos etimológicos griegos a “Anti”, *verm* “verme” y *ect* “ectoparásitos” (García et al., 2011), son

moléculas que pueden obtenerse de forma natural o semi-sintética de los metabolitos secundarios producidos por el micelio de hongos Actinomicetos: Las avermectinas (AVM) y milbectinas (MLM) (antihelmínticos de alta potencia y amplio espectro endectocida), proceden del género *Streptomyces* (especialmente de *S. avermilitis*), en tanto que las Espinosinas (insecticidas naturales), de *Saccharopolyspora* (Pérez, 2011; Pérez-Cogollo et al., 2018). En el caso de *Streptomyces*, durante la fermentación produce cuatro tipos diferentes de metabolitos secundarios (A1, A2, B1 y B2) los cuales, a su vez, integran al secbutilo (componente “a”) e isopropilo (componente “b”). Las diferentes combinaciones y proporciones que pueden establecerse entre los metabolitos y componentes, otorga propiedades específicas a los antihelmínticos. Por ejemplo, en la Abamectina (Avermectina B1), las proporciones son: B1a (80%) y B1b (20%) (Márquez, 2020; Cerna-Chávez et al., 2024).

Estos antihelmínticos actúan directamente sobre los canales iónicos selectivos al Cl^- (cloro), (presentes en las membranas celulares somáticas, faríngeas, uterinas y neuronales de los parásitos). Estos canales están formados por cinco subunidades proteicas (heteropentámeros) de los cuales los más comunes son α , β y δ , y cuyo ligando natural de estos canales iónico es el Glutamato (Glu), en el que están presentes los receptores específicos (GluCl). Tanto las AVM como las MLM, actúan como agonistas, es decir como sustancias que se unen a un receptor celular (en este caso el Glu), actuando sobre la subunidad α . Al establecerse esta unión selectiva y a la vez irreversible, la acción del Glu queda bloqueada, provocando que los canales iónicos de Cl^- permanezcan abiertos, lo que hace que los iones de Cl^- ingresen al interior de las células de forma masiva. En las células nerviosas, este excedente causa hiperpolarización que bloquea la neurotransmisión de señales, provocando a nivel muscular parálisis flácida, afectando así mismo el funcionamiento de la bomba faríngea, impidiendo la ingesta de alimento, lo que al final causa la muerte del parásito por inanición y pérdida de motilidad (Márquez, 2020).

4.4.3.4.1 Ivermectina

En el desarrollo histórico de los antihelmínticos, la Ivermectina (IVM) inicia su comercialización en 1981 a nivel veterinario, como el fármaco de mayor eficacia y de amplio espectro jamás desarrollado (Victoria, 2010).

La IVM, es un antiparasitario perteneciente al grupo de las Avermectinas (LM). Es un análogo semi-sintético de la Abamectina (Avermectina B1a), lo que significa que es obtenido en el laboratorio de forma natural a partir de la fermentación de *S. avermectinius*, pero después es sometido a procesos de síntesis química para mejorar sus características antiparasitarias. Su composición, integra una mezcla de dos homólogos de la 22,23-dihidroavermectina que solo difieren químicamente porque en la cadena lateral, a nivel del Carbono 26 (C-26), la B1a presenta un grupo etilo ($-\text{CH}_2\text{CH}_3$), y la B1b, un grupo metilo ($-\text{CH}_3$) en esa posición. Las proporciones de estas variantes en la IVM, son entre el 80-90% de la B1a y de 10-20% de la B1b. Aunque estructuralmente la IVM es similar a los antibióticos macrólidos (como la azitromicina, eritromicina y claritromicina, no posee las mismas características antibacterianas que estos. Como antiparasitario, es muy eficaz contra endoparásitos (principalmente NGI) y ectoparásitos a dosis muy bajas, lo que le confiere un amplio margen de seguridad. Es altamente activa contra un amplio espectro de nematodos (especialmente NGI, larvas y adultos) y artrópodos (ácaros, garrapatas, larvas y adultos de dípteros, principalmente (Victoria, 2010; González et al., 2009; Werth y Tesini, 2024).

4.4.3.4.1.1 Farmacodinamia

En un inicio, se consideraba que el mecanismo de acción de la IVM, era alterar los mecanismos de neurotransmisión mediados por el ácido aminogammabutírico (GABA). Sin embargo, diferentes estudios permitieron confirmar que su actividad está determinada por la alta afinidad de la IVM por los canales de Cl^- que son controlados por el Glutamato (Glu). Al fijarse sobre el receptor-Glu de las membranas celulares nerviosas, próximo al receptor de GABA, provoca que este último aumente su liberación, generando un potencial de acción

que incrementa el flujo masivo de iones Cl^- hacia el interior de estas células, generando su hiperpolarización y, por tanto, interfiriendo en la transmisión nerviosa, haciendo que el parásito deje de responder a los estímulos y finalmente muera (García et al., 2011).

4.4.3.4.1.2 Farmacocinética

Como todo fármaco, un aspecto fundamental es la relación que existe entre sus propiedades farmacocinéticas y su eficacia farmacológica. En el caso de la IVM, la cinética puede variar por las características de la formulación, las vías de administración, la especie animal tratada y de esta última, su edad, composición corporal y estado fisiológico (González et al., 2009). En términos generales, la farmacocinética de la IVM, se caracteriza por las siguientes características:

- **Absorción:** Las concentraciones plasmáticas máximas (C_{max}) generalmente varían, dependiendo de la dosis administrada y de la vía empleada. En la vía oral, la rápida absorción en el tracto gastrointestinal, permite que la C_{max} se alcance cuatro horas después de la administración, manteniendo niveles más bajos en sangre. En contraste, la vía subcutánea proporciona una mayor biodisponibilidad, así como elevada persistencia en el plasma, con C_{max} que se alcanzan en las primeras 24 hrs (González et al., 2009; Victoria, 2010).
- **Distribución:** Una característica de la IVM es la amplia distribución que alcanza en el organismo, donde un gran porcentaje (cerca del 93) de la dosis administrada, se une selectivamente a proteínas plasmática, principalmente albúminas. En estudios realizados con diferentes especies animales (roedores, ovinos, bovinos y porcinos) han encontrado que las mayores concentraciones suelen encontrarse principalmente en el hígado (donde es metabolizada por la enzima citocromo P4503A4), seguido por el tejido adiposo y los músculos. En menores proporciones, también se reportan en los riñones (Victoria, 2010). Una característica importante, es que las dosis terapéuticas de IVM recomendadas en los tratamientos son tan bajas, que no logran atravesar la barrera hemato-encefálica (BHE), lo que impide su llegada al cerebro de los mamíferos (incluyendo al hombre), que resulten perjudiciales y que puedan provocar

efectos secundarios como convulsiones (Cole, 2021).

- Eliminación: La IVM presenta un bajo metabolismo y excreción lenta. La vida media en plasma, puede variar entre 12 y 36 horas. La principal vía de eliminación es a través de las heces (~98%) y residualmente a través de la orina (~2%) (Gonzáles et al., 2009; García et al., 2011).

4.4.3.4.1.3 Espectro de actividad

En medicina veterinaria, la IVM cuenta con un amplio rango de actividad, contra endoparásitos (principalmente NGI) y ectoparásitos, incluyendo a insectos y ácaros (Cuadro 13.) Como endectocida, también suele actuar contra parásitos localizados a nivel pulmonar, dentro del torrente sanguíneo y en el tejido subcutáneo. Aunque no es considerado un ovicida, su espectro incluye formas inmaduras (larvas) y adultos de endoparásitos como NGI y nematodos pulmonares; y ectoparásitos, como las larvas de mosca que producen miasis, los ácaros e insectos. Sin embargo, la IVM no es recomendable para el tratamiento de otros helmintos (platelmintos, cestodos y trematodos) (González et al., 2009; García et al., 2011).

Cuadro 13. Espectro de actividad de la IVM.

Espectro de actividad	
Nematodos gastrointestinales	Nematodos respiratorios
<i>Busnostomum</i>	<i>Dictyocaulus</i>
<i>Cooperia</i>	<i>Muellerius</i>
<i>Haemonchus</i>	<i>Protostrongylus</i>
<i>Nematodirus</i>	Insectos
<i>Oesophagostomum</i>	<i>Bovicola</i>
<i>Ostertagia</i>	<i>Haematopinus</i>
<i>Strongyloides</i>	<i>Oestrus</i>
<i>Oestrus</i>	Ácaros de la sarna
<i>Teladorsagia</i>	<i>Sarcoptes scabiei</i>
<i>Trichostrongylus</i>	<i>Psoroptes spp.</i>

Fuente: Tomado de García et al. (2011)

4.4.3.4.1.4 Vías de administración

Las vías de administración de la IVM, son un aspecto importante a considerar ya que pueden existir diferencias en la eficacia dependiendo de la vía empleada (García et al., 2011). En el caso de la IVM, la vía más recomendada es la subcutánea (SC) al ofrecer una mayor biodisponibilidad del fármaco. Las vías recomendadas suelen variar dependiendo de la especie animal. Por ejemplo, la vía oral es la más indicada para perros y equinos; en bovinos, la subcutánea y tópica (*pour-on*), (González et al., 2009) mientras que en los ovinos las más recomendadas, incluyen:

- Vía oral: Esta vía es empleada para administrar la IVM que es preparada en solución, lista para usarse a dosis de 0.2mg/kg PV, en un volumen de 3mL/13.8 kg de PC. Estas formulaciones buscan generar efectos sistémicos, los cuales se logran mediante la absorción directa de la IVM por el tracto gastrointestinal. Generalmente se recomienda el uso de jeringas o pistolas dosificadoras que son insertadas en la comisura labial, así como también administrar preferiblemente por la mañana, antes de la ingesta de alimentos para mejorar su eficacia. Debe evitarse el consumo de alimentos o agua al menos durante las dos horas post-aplicación para maximizar su absorción. Cuando la presentación del es en suspensión, debe tenerse cuidado que, durante la aplicación en el rebaño, la mezcla sea resuspendida para evitar su sedimentación, que puede llevar a subdosificar a algunos ovinos o a sobredosificar a otros (DailyMed, s.f.; García et al., 2011; Robinson, 2023).
- Vía parenteral: Corresponde a la vía de administración mediante inyección. Aunque esta incluye la intramuscular (IM), Subcutánea (SC) e Intravenosa (IV). En el caso de la IVM la única vía parenteral empleada es la SC, que generalmente se administra en piel laxa como el cuello o detrás de la paleta a una dosis de 1mL/50 kg PV (Robinson, 2023). Al aplicar el fármaco debe desinfectarse la zona, tener cuidado que al insertar la aguja ésta no llegue hasta el músculo y sobar ligeramente la zona de aplicación para distribuir el producto. Por su alta practicidad y facilidad de aplicación, esta vía puede

emplearse para el tratamiento de un rebaño; sin embargo, es recomendable mantener las medidas preventivas durante la aplicación para evitar inconvenientes, como adulteración del fármaco, la posible transmisión de enfermedades o la formación de abscesos por aplicaciones deficientes (García et al., 2011).

- **Vía percutánea (*Pour-on*):** En esta modalidad de aplicación, el fármaco se aplica de forma tópica mediante su unción dorsal, a lo largo de la línea media del cuerpo, desde el cuello (cruz), hasta la base de la cola del ovino. Se recomienda que el área de aplicación esté limpia y seca, evitando áreas con heridas, o sucias ya sea con estiércol o lodo. Las dosis habituales de IVM para formulaciones *pour-on* son de 500µg/kg PV equivalentes a 1mL/10kg PV. En el caso de Allmectin Pour-on® (1g IVM/100 mL), el fabricante recomienda usar 5gotas/kg PV, que deben aplicarse a lo largo de la línea dorsal (cuello-cola) (García et al., 2011; Allmectin, 2021).

Después de que los animales son tratados, es recomendable considerar los tiempos de espera necesarios para asegurar que los residuos del fármaco disminuyan y se encuentren en niveles seguros para su consumo (Cuadro14).

Cuadro 14. Tiempos de espera recomendados post-tratamiento con IVM para el consumo de carne y leche

Vía de administración	Carne	Leche
Oral	14 días	-
Subcutánea	21 días	-
Percutánea	21 – 28 días	28 días

Fuente: Tomado de García et al. (2011)

4.4.3.4.1.5 Contraindicaciones y precauciones.

- No administrar por vía intramuscular o intravenosa.
- Las diferentes presentaciones de IVM especifican las especies animales en que puede utilizarse; por lo que no debe emplearse en otras especies (como perros y gatos) para evitar reacciones adversas que pueden causar su muerte.
- Una vez usado, identificar a los animales que presentan hipersensibilidad a la IVM o sus excipientes, para evitar futuras aplicaciones.
- En ovinos con una alta densidad de lana, previo a la aplicación de la inyección (SC), asegurarse que la aguja pueda atravesar tanto la lana como la piel.
- Debe evitarse el uso continuo de IVM para evitar el desarrollo de resistencia antihelmíntica; así mismo, para reducir este riesgo, es necesario aplicar las dosis correctas.
- Debe tenerse especial cuidado con la aplicación de IVM en hembras preñadas, especialmente en el último tercio de la gestación, por las alteraciones fisiológicas que pueden influir en la distribución, absorción, metabolismo, así como excreción de la IVM (González-Canga et al., 2009; García et al., 2011).

4.5 RESISTENCIA ANTIHELMÍNTICA (RA)

Antes de la década de los 60's, los endoparásitos eran tratados con nicotina, arseniato de plomo, tetracloruro de carbono y piperazina, entre otros, sin obtener resultados satisfactorios. Sin embargo, en esta década aparecen los primeros antihelmínticos sintéticos de amplio espectro eficaces para combatir estos parásitos. Desde el tiabendazol (1961), el desarrollo farmacéutico continuó con la

aparición de otros antihelmínticos con diferentes mecanismos de acción, hasta la introducción de la Ivermectina (1980), que revolucionó el campo veterinario, al actuar no solo contra endoparásitos, sino también contra ectoparásitos (McKellar y Jackson, 2004). A lo largo de los años, todos estos fármacos sintéticos mostraron su eficacia para el control de parásitos; sin embargo, el uso de recurrente de un mismo fármaco en determinados rebaños, así como las dosis inadecuadas (mayores o menores a las recomendadas) administradas por los productores sin vigilancia médica, errores en la selección del antihelmíntico, así como la rápida reinfestación de los ovinos, sobre todo los criados a pastoreo, son algunas de las causas que han propiciado la aparición de la resistencia antihelmíntica (RA) (Medina et al., 2014).

Este fenómeno biológico, no es particular de una región, sino que se ha extendido por todo el mundo, y que está representado por la capacidad creciente que muestran algunas poblaciones de parásitos para lograr sobrevivir, aun cuando les son administradas las dosis que resultaban ser letales. Es decir, representa un fenómeno en que la eficacia de un antihelmíntico disminuye de forma progresiva contra determinadas poblaciones de parásitos (González-Garduño et al., 2012). El problema se acentúa, debido a que los parásitos que sobreviven, presentan mutaciones identificadas que, a manea de genes resistentes, heredan a futuras generaciones esta capacidad, dificultando su control (McKellar y Jackson, 2004; Medina et al., 2014).

4.5.1 Tipos de resistencia:

Los tipos de RA, han sido clasificados por su origen y en relación con los mecanismos de acción. De acuerdo con su origen, la RA “natural” es la que muestran los parásitos sin haber sido sometidos a tratamientos previos; en tanto que la RA adquirida, se genera como respuesta biológica de los parásitos a la exposición de los fármacos, ante los cuales logran sobrevivir (Prada y Romero, 2010). Dentro de la RA adquirida, de acuerdo con los mecanismos de acción de los antihelmínticos, se identifican los siguientes tipos:

- **Resistencia cruzada:** Este tipo de RA se desarrolla cuando parásitos que ya han mostrado resistencia a un fármaco, son capaces de desarrollarla también esta capacidad ante otros fármacos, aunque tengan distintos mecanismos de acción (González-Garduño et al., 2012).
- **Resistencia paralela o colateral:** A diferencia de la anterior en la que se involucra a fármacos con diferentes mecanismos de acción, esta ocurre cuando los parásitos muestran resistencia ante antihelmínticos con mecanismos de acción similares (Márquez, 2007).
- **Resistencia múltiple o cruzada inespecífica:** La resistencia está determinada genéticamente y es la heredabilidad la característica más importante de este fenómeno, el cual se manifiesta como resultado de las presiones de selección que ejercen los fármacos sobre los parásitos. Es la forma más compleja, avanzada y de mayor resistencia adaptativa que pueden alcanzar algunos parásitos, debido a que han generado la capacidad de resistir a diferentes fármacos con distintos mecanismos de acción. Esta RA se va desarrollando de forma específica contra cada fármaco, o bien, de forma cruzada para aquellos integrados en un mismo grupo de antihelmínticos. En este tipo, el factor clave es la heredabilidad de la resistencia en donde los genes resistentes son transmitidos a las siguientes generaciones. Esta condición complica significativamente el control de los parásitos, como en el caso de *Haemonchus contortus*, la especie de NGI más dañina para los ovinos, que reporta RA a benzimidazoles, imidazotiazoles, LM y recientemente al Monepantel (Márquez, 2007; Arsenopoulos et al., 2021).

La RA, generalmente puede originarse por la convergencia de diferentes factores, entre los que se incluyen:

- Potencial biótico o reproductivo de los parásitos.
- Características genéticas de los parásitos.
- Tamaño de los *refugia* (poblaciones de parásitos en refugio) que no han sido expuestos previamente a algún antihelmíntico; y que,

por tanto, son altamente susceptibles en la época en que se aplica el tratamiento

- Época o momento de los tratamientos.
- Manejo de pasturas.
- Intensidad o frecuencia de los tratamientos.
- Introducción de cepas de parásitos resistentes.
- Uso frecuente del mismo principio activo.
- Subdosificación de los antihelmínticos.
- Tratamientos estratégicos.
- Uso de antihelmínticos de larga acción.
- Inmunidad del hospedero.
- Tiempo de duración de los intervalos, para realizar la rotación de antihelmínticos con diferentes principios activos (Márquez, 2007).

4.5.2 RA reportada a las lactonas macrocíclicas.

De acuerdo con el recuento histórico realizado por Medina et al. (2014), el primer caso documentado de RA, fue reportado en 1977 por Drudge y colaboradores, quienes identificaron este fenómeno en *strongilidos* de un equino en los Estados Unidos. Así mismo, destacan el trabajo de Sangster realizado en Gran Bretaña en 1990, quien reporta la resistencia de *Cooperia oncophora* aislada de bovinos a la IVM. Años más tarde, Jackson y colaboradores, en un estudio desarrollado en 1993 en Escocia con corderos infectados de forma artificial con *Teladorsagia circumcincta*, evaluaron comparativamente la eficacia del Levamisol, con el Fenbendazol aplicado de forma individual, y combinado con IVM (para los cuales ya se había documentado la presencia de RA). Al concluir con el estudio, encontraron que también existía RA de *T. circumcincta* al Levamisol. Este caso, es considerado el primero de RA a la IVM en Europa y el primero de resistencia múltiple para esta especie de parásito. Para evidenciar la presencia cosmopolita de la RA, refieren el trabajo de Waller y colaboradores, quienes en 1995 refieren que, de 60 predios evaluados en Kenia y Sudáfrica, el 90% presentó RA a por lo menos

a un grupo de antihelmínticos, mientras que el 40% restante, presentaron RA entre tres y cinco de los grupos probados.

Por su parte, Reyes-Guerrero et al. (2021) reportan que estudios realizados en diferentes estados de la República, con diferentes especies animales identifican la presencia de RA, como el realizado por Encalada-Mena y colaboradores, que reportan para Campeche, la RA de *H. contortus* de ovinos a benzimidazoles; el de Alonso-Díaz y otros, la resistencia a IVM en bovinos de Veracruz, así como otros realizados en Chiapas, Puebla, Tabasco, Tlaxcala y Yucatán.

Medina et al. (2014) refieren que distintos trabajos han documentado cómo la RA múltiple, es una problemática recurrente en el país, principalmente en la región sureste (Figura7).

Tabla 1. Resistencia antihelmíntica en el sureste de México.

Lugar	Familia de antihelmíntico	Géneros involucrados	Autor
Edo. de Yucatán	Benz. y L.M.	<i>Haem.</i> y <i>Trich.</i>	Torres <i>et al.</i> (2003)
Huimanguillo y Teapa, Tabasco	Benz.	<i>Haem.</i> , <i>Tela.</i> , <i>Coop.</i> y <i>Oeso.</i>	González <i>et al.</i> (2003)
Centla, Tabasco	Benz. y L.M.	<i>Haem.</i> , <i>Tela.</i> y <i>Coop.</i>	Nuncio <i>et al.</i> (2003)
Edo. de Tabasco	Benz., Imid. y L.M.	No reportado	Nuncio <i>et al.</i> (2005)
Edo. de Campeche	Benz. y L.M.	<i>Trich.</i>	Torres <i>et al.</i> (2007)
Centro y Altos de Chiapas	Benz., Imid. y L.M.	<i>Haem.</i> y <i>Tela.</i>	Sánchez <i>et al.</i> (2008)
Centro, Tabasco	Benz., Imid. y L.M.	<i>Haem.</i> y <i>Trich.</i>	Medina <i>et al.</i> (2011)
San Fernando, Chiapas	Benz., Imid. y L.M.	<i>Haem.</i> , <i>Trich.</i> y <i>Tela.</i>	Reyes <i>et al.</i> (2013)
Jalapa, Centro y Cunduacán, Tabasco	Benz., Imid. y L.M.	<i>Haem.</i> , <i>Trich.</i> y <i>Oeso.</i>	Herrera <i>et al.</i> (2013)

Benz.: benzimidazoles, Imid.: imidazotiazoles, L.M.: lactonas macrocíclicas, Haem.: *Haemonchus*, Trich.: *Trichostrongylus*, Tela.: *Teladorsagia*, Coop.: *Cooperia* y Oeso.: *Oesophagostomum*.

Figura 7. Compilación de estudios sobre resistencia antihelmíntica realizados en el sureste mexicano

Fuente: Tomada de Medina et al. (2014).

4.5.3 Estrategias para reducir la resistencia antihelmíntica

4.5.3.1 Rotación del principio activo

Una de las estrategias más recomendadas, es realizar la rotación del principio activo, lo que supone un cambio del tipo de antihelmíntico que se utiliza y no sólo un cambio de marca comercial con el mismo principio, o de vía de administración. Por ejemplo, si un año se usa IVM oral, no basta con cambiar al siguiente año por IVM de aplicación SC en el siguiente. En términos ideales, esta rotación debe realizarse anualmente, empleando diferentes familias químicas entre un año y otro, con diferentes mecanismos de acción. Esta rotación no debe ser aleatoria, sino que debe tomar como base la RA previa. En casos donde la RA ha sido probada a dos antihelmínticos, esta rotación ya no es posible de ser realizada debido a que sólo existen tres familias de éstos, por lo que deberá optarse por administrar aquella en la que se haya determinado una mayor susceptibilidad por parte de los parásitos (Mendoza y Torres, 2023).

4.5.3.2 Desparasitación selectiva dirigida

La mayor parte del ganado ovino mantiene niveles bajos de parásitos, siendo una minoría la que presenta infecciones severas que requieren tratamiento (Torres et al., 2008; Medina et al., 2014). El propósito de la desparasitación selectiva, como su nombre lo indica, es reducir el uso generalizado de antihelmínticos en un rebaño, mediante la identificación de aquellos animales cuya carga parasitaria esté entre 500-1000 HPG, a los que es recomendable la aplicación del tratamiento (Medina et al., 2014; Mendoza y Torres, 2023).

Además de este indicador (HPG) para diferenciar a los animales susceptibles y resistentes, pueden considerarse otras las características del animal (edad, raza, sexo, peso), el tono de coloración de la mucosa palpebral determinada mediante FAMACHA® (del acrónimo de su creador Fafa Malan Chart), la calificación de la condición corporal (CC), y el hematocrito, que en su conjunto permitirán identificar con mayor precisión el diagnóstico de parasitosis y la necesidad de aplicar el tratamiento que más se juzgue conveniente (Torres-Acosta et al., 2009; Mendoza y

Torres, 2023).

4.5.4 Métodos diagnósticos y de monitoreo de las parasitosis por NGI

4.5.4.1 Escala o método FAMACHA®:

El método FAMACHA® (Figura 8) es una herramienta desarrollada en Sudáfrica, de uso mundial para medir el grado de anemia causado específicamente por la presencia de *H. contortus*. La gama cromática descende desde el rojo, a diferentes tonalidades de rosa, hasta llegar al blanco, con una calificación del 1-5 en ese orden para cada tonalidad. Dependiendo de la coloración que se obtenga, puede tomarse como un indicador de la presencia de este parásito (Rodríguez et al., 2015).



Figura 8. Aplicación correcta del método FAMACHA®. A. Apertura adecuada de los párpados para su revisión. B. Identificación de un caprino con una calificación de FAMACHA® de 4. C. Asignación de FAMACHA® nivel 2 en un ovino.

Fuente: Tomada de (Mendoza y Torres, 2023).

La calificación 1 corresponde a una mucosa color rojo intenso; el número en la escala baja conforme palidece el color de la mucosa, llegando a 5 en las mucosas blancas. De acuerdo con la técnica FAMACHA®, los animales que obtienen calificaciones de 4 o 5, son los mayormente parasitados y, por tanto, requieren de tratamiento antihelmíntico (Arece y López, 2013). En estudios realizados en México, se ha determinado que animales que han sido ubicados en las escalas más altas de FAMACHA® en realidad no presentan cargas parasitarias que fundamenten estos resultados; por esta razón, se recomienda confirmar el diagnóstico, mediante la determinación en laboratorio del número de huevos por gramo (HPG), a partir de una muestra de heces (~5 grs) tomada directamente del recto (Mendoza y Torres, 2023).

4.5.4.2 Calificación de la condición corporal (CC)

Es una técnica utilizada para detectar animales adultos con cargas elevadas de parásitos. Esta escala (Figura 9) se ha desarrollado para diferentes especies de ganado (Morales y Vicuña, 2023). Este parámetro, se mide a través de la asignación de una calificación asociada a un valor numérico. Esta escala va desde el 1 (animales extremadamente delgados, con ausencia de grasa y baja desarrollo muscular), hasta el 5, que representa la contraparte, con animales corpulentos, con altos contenidos de grasa y gran masa muscular (Mendoza y Torres, 2023).

Si bien este parámetro suele ser importante, como lo señalan Torres et al. (2008), algunos estudios han demostrado que no es posible establecer una clara correlación entre CC y HPG. Así mismo, consideran que la CC puede estar asociada a diversos factores, pero aún más importante es que ésta no suele afectarse de forma paralela con los signos de Hemoncosis, debido principalmente a que éstos empiezan a aparecer cuando la carga parasitaria ya es considerable. Dada esta consideración, estos autores refieren que esta estrategia suele tener mayor aplicación en unidades de producción en donde existan NGI de hábitos no hematófagos, como *T. circumcincta* y *Trichostrongylus* spp en los ovinos (Torres et al., 2008).

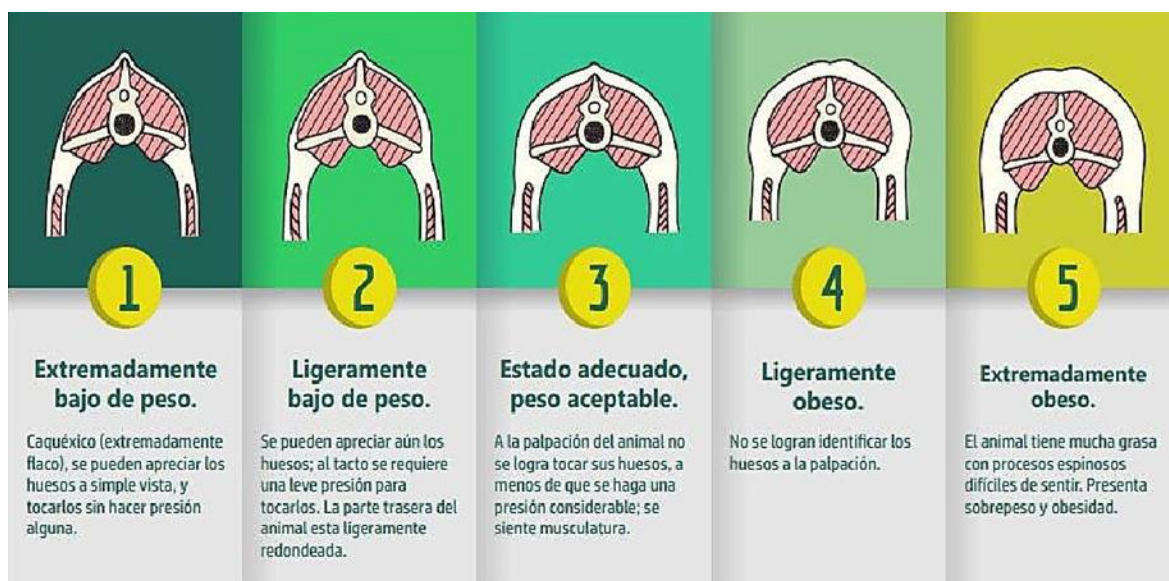


Figura 9. Escala de clasificación corporal.

Fuente: Tomada de Morales y Vicuña (2023)

4.5.4.3 Indicador de diarrea:

Este indicador evalúa la salud del ovino basándose en la consistencia de sus heces al momento de la toma de muestra fecal, utilizando una escala del 1 al 3. La puntuación 1 representa heces firmes (normales), 2 corresponde a heces blandas o suaves y 3 indica la presencia de diarrea. Esta escala está correlacionada con el contenido de materia seca en las heces: 1 (40%), 2 (26%) y 3 (16%). La categoría 3, indica que la diarrea es causada por una alta carga de NGI. Según lo señala Márquez (2014) en un estudio realizado por Kenyon y Jackson en 2012, mostraron que existe una correlación de esta categoría (3) con el HPG, y que cuando ambos indicadores son considerados de forma paralela, el tratamiento con antihelmínticos comerciales ha logrado reducir la carga inicial en un 20%. A pesar de estos hallazgos, y que la diarrea puede ser un indicador de la presencia de parasitosis, no es recomendable que la presencia de este signo clínico sea tomado como base para la administración de antihelmínticos, pues ésta puede ser causada por protozoarios parásitos como las coccidias (tratadas con toltrazuril, amprolio, sulfadimetoxina, ponazuril), ante las cuales los antihelmínticos son totalmente ineficaces, pudiendo agravar la infección y a la vez, contribuir al desarrollo de RA que pudieran estar presentes (Márquez,

2014; Noack et al., 2019).

4.5.4.4 Conteo de huevos por gramo de heces (HPG):

El HPG, es uno de los datos más relevantes para la administración de tratamientos antihelmínticos. Los umbrales de infección que definen esta condición dependen de la región y de las características del entorno del animal en las unidades de producción. Generalmente, los umbrales suelen variar en función de las cargas parasitarias que son determinadas en diferentes países y que en gran medida están asociadas a las características de los animales y las condiciones ambientales de crianza. Algunos marcan como umbral un HPG=300, y en otros pueden variar en un rango que va de los 400-500 HPG (Márquez, 2014).

En los pequeños rumiantes en pastoreo, tiende a asociarse con la cantidad de NGI adultos que pueden estar presente en el intestino o el abomaso. De acuerdo con Mendoza y Torres (2023) los rangos están relacionados con la cantidad de NGI presentes: De 0-500 HPG, existe una cantidad baja; de 1,000-3,000 HPG, moderada y $\geq 3,000$ HPG, representa que la carga es excesiva (Mendoza y Torres, 2023).

4.5.4.5 Hematocrito

Es una técnica clave de laboratorio empleada en la medicina veterinaria para identificar casos de anemia en los animales. La prueba se realiza con una muestra de sangre, a partir de la cual se determina el Volumen Celular Aglomerado (VCA), o en inglés PCV (Packed Cell Volume) que representa el porcentaje de eritrocitos presentes en la muestra. Aunque el valor de VCA puede variar por la edad y raza de los ovinos, así como por las condiciones ambientales; se considera que los valores normales se establecen en un VCA=27-45%, con una $\bar{X}$ =35-37%. La disminución en el conteo eritrocitario, identifica la presencia de anemia en el ovino; que en sus formas leves puede variar entre 20-26% y en las moderadas a severas con valores menores al 20%. Finalmente, en los casos en que el conteo de eritrocitos es mayor a los valores normales (poliglobulia), los valores pueden variar ser ≥ 45 -50% (Vicente-Pérez et al., 2018; Herrera y Unda, 2021).

Aunque el hematocrito no brinda información precisa sobre la carga parasitaria, la anemia puede asociarse a la presencia de NGI hematófagos como *H. contortus* (principalmente), y *Oesophagostomum columbianum*. Al igual que otros indicadores, si bien pueden orientar el diagnóstico de parasitosis, la confirmación debe realizarse mediante el procesamiento de muestras fecales mediante la técnica de McMaster (Mendoza y Torres, 2023). En el Cuadro 15, se presentan los principales indicadores considerados para la selección de ovinos susceptibles de ser tratados con antihelmínticos.

Cuadro 15. Indicadores de fenotipo para la selección de animales a desparasitar.

Indicadores de fenotipo para la selección de animales a desparasitar										
Criterio	No tratar		No tratar		No tratar		Tratar		Tratar	
Signos	Ausentes		Ausentes		Ausentes		Presentes todos o algunos*		Presentes todos o en su mayoría*	
Ganancia de Peso	Excesiva		Adecuada		Adecuada		Baja ganancia de peso		Corderos y adultos débiles y con poca ganancia de peso pudieran estar parasitados* La tasa diaria de ganancia de peso de un cordero puede fluctuar entre 0,15 y 0,2	
Condición Corporal Sirve para identificar animales adultos en pastoreo con altas cargas de parásitos	5	Obesa o Muy gorda	4	Gorda	3	Adecuada o Normal	2*	Baja Condición o flaca	1*	Caquética o Muy flaca
Coloración de las mucosas Grado de anemia La escala baja conforme palidece el color de la mucosa.	1		2		3		4*		5*	
Conteo de huevos por gramo de heces (HPG) Por la técnica de Mc Master La cantidad de huevos de nematodos en heces (HPG) se asocia con la cantidad de parásitos adultos en abomaso e intestino.	0-500 Baja cantidad		550-950 Cantidad moderada de nematodos		1,000 a 3,000 Alta cantidad de nematodos		>3,000 Carga excesiva de nematodos			
Hematocrito o porcentaje de glóbulos rojos en la sangre de un animal. Grado de anemia	≥ 30 (INIFAP) 27 a 45 (Céspedes, 2021) 21-40 (Mendoza de Gíves y Acosta)		23 – 27 (INIFAP)				≤ 22* (INIFAP) ≤ 21* (Mendoza de Gíves y Acosta)			
*Tomar 5 g de heces directamente del recto de cada animal en bolsa plástica y refrigerar * Tomar una muestra de sangre con anticoagulante de la vena yugular, homogenizar suavemente y refrigerar										

Fuente: Elaborada por García-Rubio, 2025 a partir de los datos de Mendoza y Torres (2023).

V. OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la resistencia de nematodos gastrointestinales (NGI) a la Ivermectina, en un rebaño ovino de Ayapango, Estado de México.

Objetivos específicos

- Aplicar la prueba de reducción del conteo fecal de huevos de nematodos (PRCFH) en un rebaño ovino de Ayapango, Estado de México.
- Realizar el diagnóstico de la resistencia a la ivermectina de los NGI, mediante la prueba de campo.

VI. HIPÓTESIS

El empleo de la ivermectina como antihelmíntico en ovinos de un sistema de producción extensivo en pastoreo en el municipio de Ayapango mostrará una reducción de al menos el 95% de los huevos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces, lo que permitirá identificar si existe resistencia antihelmíntica hacia este fármaco.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Tipo de investigación: Este trabajo fue una investigación experimental, transversal y cuantitativa.

7.2 Localización: Esta investigación se llevó a cabo en una unidad de producción ovina, localizada en el Municipio de Ayapango, en la Región I “Amecameca”, en el oriente del Estado de México (Figura 10.). Su ubicación geográfica es entre los paralelos 19° 06' y 19°10' de latitud norte; los meridianos 98° 46' y 98° 51' de longitud oeste. La altitud varía entre 2 300 y 2 900 m; con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, donde se alcanza 100% de humedad. El rango de temperatura promedio es de 12 a 16°C y el de humedad de 8 a 1000 mm (INEGI, 2010).

Los análisis coproparasitológicos se realizaron en el Laboratorio multidisciplinario de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Centro Universitario UAEM Amecameca, ubicado en el km 2.5 de la carretera Amecameca-Ayapango, Estado de México, México.



Figura 10. Región 1 “Amecameca”. Fuente COPLADEM (2017)

7.3 Universo de trabajo:

El estudio fue realizado con un rebaño ovino de aproximadamente 280 ovejas criollas de lana, con un peso promedio entre 42 y 45 kg, en sistema semi-intensivo, de las cuales 50 ovejas fueron utilizadas para fines de dicho trabajo, fue el universo de trabajo.

7.4 Diseño experimental:

Este trabajo formó parte de un proyecto de investigación que integró la aplicación de pruebas de campo de resistencia antihelmíntica para cuatro diferentes grupos de antihelmínticos, este solo comprendió la prueba de campo correspondiente al grupo de las lactonas macrocíclicas específicamente, Ivermectina. Los datos del grupo control, fueron tomados como punto de referencia para comparar la eficacia de todos y cada uno de los tratamientos aplicados en el proyecto general.

Se conformaron dos grupos de 10 ovejas hembra adultas, de peso homogéneo, seleccionadas totalmente al azar, no importando su estado fisiológico (gestación o lactancia). En el Cuadro 16, se resume el diseño experimental, incluyendo el grupo, dosis aplicada, duración del tratamiento y procedimientos realizados.

Cuadro 16. Diseño Experimental.

Diseño experimental		
TRATAMIENTO	CONTROL	EXPERIMENTAL
	10 ovinos	10 ovinos
Tratamiento (Día 1) Primera toma de muestra	Se identificó (aretado) y pesó a cada animal. Se registró número y peso. Se aplicó placebo: Solución Salina Fisiológica (2ml), por vía intramuscular	Se identificó (aretado) y pesó a cada animal. Se registró número y peso. Cálculo y aplicación de la dosis de Ivermectina al 1% (0.2 mg/Kg), por vía subcutánea.
	Se tomaron muestras de 5 — 10 gr de heces directamente del recto con ayuda de una bolsa plástica, mismas que fueron debidamente identificadas y colocadas en la caja refractaria a una temperatura de 4°C para trasladar al laboratorio.	
	Se realizó la prueba de McMaster para contabilizar el número de huevos por gramo de heces	
Periodo de observación	14 días	
Segunda toma de muestras de heces (Día 14)	Se tomaron muestras de 5-10 gr de heces directamente del recto con ayuda de una bolsa plástica, se identificaron y colocaron en la caja refractaria a una temperatura de 4°C para trasladarlas al laboratorio	
	Se realizó la prueba de McMaster para contabilizar el número de huevos por gramo	



Figura 11. Ovino con la presencia de decaimiento.

Fuente: Fotografía tomada por Abigail de la Rosa Martínez en el sitio de estudio



Figura 12. Ovino con la presencia de edema submandibular del rebaño de investigación.

Fuente: Fotografía tomada por Abigail de la Rosa Martínez en el sitio de estudio



Figura 13. Observación de la coloración de las mucosas de un ovino del rebaño de investigación.

Fuente: Fotografía tomada por Abigail de la Rosa Martínez en el sitio de estudio



Figura 14. Cordero del rebaño de investigación hallado sin vida.

Fuente: Fotografía tomada por Abigail de la Rosa Martínez en el sitio de estudio

Para el conteo de huevos de nematodos presentes en la primera y segunda toma de heces de cada ovino, se utilizó la prueba cuantitativa de flotación de McMaster.

Técnica McMaster:

1. Pesar 2 gramos de la muestra fecal y colocar en un vaso de plástico, diluir las

- heces con una pequeña cantidad de solución salina saturada.
2. Agregar solución salina saturada hasta obtener aproximadamente un volumen de 100 ml, homogenizar.
 3. Tamizar a otro vaso utilizando una coladera y una gasa, sin ejercer presión o forzar su paso.
 4. Mantener en reposo durante 20 minutos, para permitir que los huevos de NGI puedan flotar
 5. Utilizar un gotero, para tomar una muestra de la suspensión y llenar los campos de la cámara de McMaster
 6. Realizar el conteo de huevos de cada campo, sumar estos datos para obtener el total de huevos, los que estarán en 0.3ml de la suspensión.
 7. Ajustar el cálculo a un volumen de 100ml con 2g de heces, la mitad de esta cantidad es el número de huevos por gramo de heces (HPGH) (Cedillo-Borda et al., 2020).



Figura 15. Día 0, administración de tratamiento en ambos grupos

Fuente: Fotografía tomada por Abigail de la Rosa Martínez en el sitio de estudio

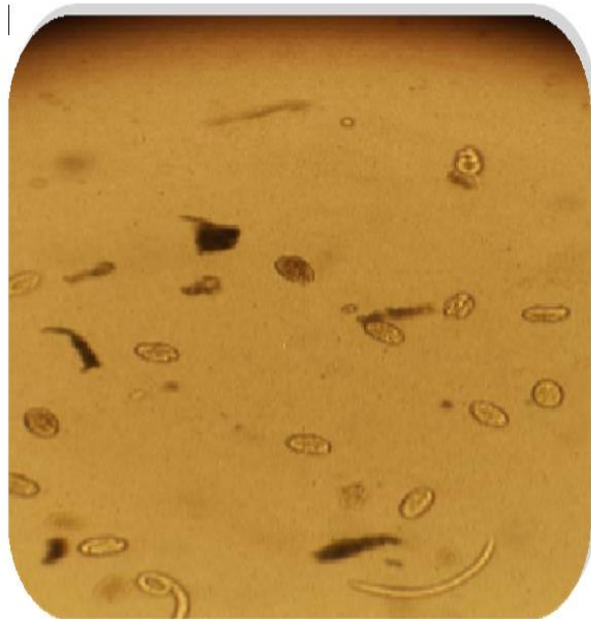


Figura 16. Observación de huevos de NGI, 40X.

Fuente: Fotografía tomada por Abigail de la Rosa Martínez en el sitio de estudio

VIII. RESULTADOS

Una vez realizado el procesamiento de las muestras de heces, se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadros 17-19):

Cuadro 17. Resultados de la prueba de Flotación y McMaster (HPG) para el grupo control (SSF).

	GRUPO CONTROL (G1) SSF					
	1° Muestreo	Día 0		2° Muestreo	Día 14	
No. de arete	Flotación	McMaster	Total de HPG	Flotación	McMaster	Total de HPG
1	++	0-3	500	++	26-14	6666
2	++	2 – 1	500	+	0-2	333
3	-	0-0	0	-	0-0	0
4	+	3 – 4	1166	+	6 - 8	2333
5	+	5 – 6	1833	+	12 - 5	2833
6	++	2 - 22	4000	++	27 - 7	5666
7	++++	22 - 8	5000	++	22 - 7	4000
8	+	2-0	333	+	8-1	1500
9	-	0-0	0	+++	56-18	12333
10	+	1-0	166	+	3-0	500
		Promedio	1349		Promedio	3616

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en el estudio.

Cuadro 18. Resultados de la prueba de flotación y McMaster (HPG) para el grupo

experimental (IVERMECTINA).

	GRUPO EXPERIMENTAL (G2) (IVERMECTINA)					
	1° Muestreo	Día 0		2° Muestreo	Día 14	
No. de arete	Flotación	McMaster	Total de HPG	Flotación	McMaster	Total de HPG
11	+	1 — 4	833	-	0 - 0	0
12	+	6 — 17	3833	++	1 - 0	167
13	++	0 — 0	0	+	2 - 3	833
14	-	0 — 0	0	-	0 — 0	0
15	+	3 — 1	667	+	9 - 6	2500
16	-	0 — 0	0	-	0 — 0	0
17	+	2 — 3	833	+	4 — 5	1500
18	+	3 — 8	1833	+	8 — 5	2167
19	++++	28 — 44	12000	+	8 — 8	2667
20	-	0 — 0	0	-	0 — 0	0
		Promedio	2000		Promedio	983

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en el estudio

Cuadro 19. Conteo de HPG en el Día 0 y Día 14 en el grupo control y experimental.

GRUPO CONTROL (Administración de placebo)			GRUPO EXPERIMENTAL (Ivermectina al 1% [0.2 mg/Kg vía SC])		
No. animal	Día 0	Día 14	No. Animal	Día 0	Día 14
1	500	6,667	11	833	0
2	500	333	12	3,833	167
3	0	0	13	0	833
4	1,167	2,333	14	0	0
5	1,883	2,833	15	677	2,500
6	4,000	5,667	16	0	0
7	5,000	4,000	17	833	1,500
8	333	1,500	18	1,833	2,167
9	0	12,333	19	12,000	2,667
10	167	500	20	0	0
$\bar{x}$	1,349	3,616	$\bar{x}$	2,000	983

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en el estudio

8.1 Análisis de resultados:

- El promedio de HPG del grupo control después del tratamiento fue de 3616.
- El promedio de HPG para el grupo experimental después del tratamiento (Ivermectina) fue de 983.

Los métodos que se utilizaron para determinar la eficiencia antihelmíntica fue la prueba de reducción del conteo fecal de huevos de nematodos (PRCFH), descrita por Liébano et al. (2011) en la que comparan los datos de HPG del día 0 y día 14 del grupo experimental en la que señalan lo siguiente:

Cálculo de reducción de huevos (Liébano et al., 2011)

$$CRH = 100 (1 - \bar{x}_{T2} / \bar{x}_{T1})$$

Donde:

$\bar{x}_{T1}$ = Promedio del conteo de HPG pretratamiento (Día 0)

$\bar{x}_{T2}$ = Promedio del conteo de HPG postratamiento (Día 14)

En el segundo método propuesto por Dash et al. (1998), consiste en comparar los datos de ambos grupos (grupo control y grupo experimental) mediante la siguiente fórmula:

Porcentaje de reducción del conteo de huevos (Dash et al., 1998)

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

Donde:

C1 = promedio de HPG del grupo control inicial (Día 0)

C2 = promedio de HPG del grupo control final (Día 14)

T1 = promedio de HPG del grupo tratado pretratamiento (Día 0)

T2 = promedio de HPG del grupo tratado postratamiento (Día 14)

Finalmente, para determinar la resistencia antihelmíntica los resultados fueron procesados con base en los criterios de la WAAVP (Coles et al., 1992) ya que se considera que es una medida más conservadora de la eficacia antihelmíntica, en la que se establece:

Prueba de Reducción de Conteo Fecal de Huevos en Heces) antihelmíntica (Coles et al., 1992)

$$PRCH = 100 (1 - X_t / X_c)$$

Donde:

PRCH = Porcentaje de reducción del conteo de huevos en heces

X_t = Promedio de HPG del grupo tratado (GII) (Día 14)

X_c = Promedio del grupo control (GI) (Día 14)

Según los criterios de la *World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology* (WAAVP), existe resistencia al antihelmíntico administrado cuando el porcentaje de reducción del recuento de huevos es menor al 95% y Linf-IC95% es menor a 90%. Asimismo, si solamente aparece uno de los dos parámetros anteriormente nombrados, se considera sospechoso de resistencia (Coles et al., 1992).

Resultados de eficiencia antihelmíntica ante la administración de ivermectina.

Método Liébano et al. (2011)	Método Dash et al. (1998)	Criterios de la WAAVP Coles et al. (1992)
$CRH = 100 (1 - \bar{x}_{T2} / \bar{x}_{T1})$ Donde: $CRH = 100 (1 - 983/2000)$ $CRH = 100 (1 - 0.4915)$ $CRH = 100 (0.5085)$ CRH=50.85%	$PRCH = 100 * (1 - \left[\frac{T}{\frac{C1}{C2}} \right] * \frac{1}{1})$ Donde: $PRCH = 100 * (1 - [983/2000] * [1350/3617])$ $PRCH = 100 * (1 - [0.4915] * [0.373])$ $PRCH = 100 * (1 - 0.1833)$ $PRCH = 100 * (0.8167)$ PRCH= 81.67%	$PRCH = 100 (1 - \frac{\bar{x}_t}{\bar{x}_c})$ Donde: $PRCH = 100 * (1 - 983/3617)$ $PRCH = 100 * (1 - 0.2718)$ $PRCH = 100 * (0.7282)$ PRCH = 72.82% y un Límite Inferior IC95%=19.29%.

IX. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se evaluó la eficacia antihelmíntica del químico antiparasitario IVM (ivermectina) como medida preventiva y control de nematodos gastrointestinales en ovinos, tomando en cuenta un total de 20 animales, de los cuales a 10 de estos se les fue administrado un placebo (ssf) y al segundo grupo le fue administrada IVM al 1% (0.2 mg/kg, vía SC), obteniendo como resultado un promedio de 983 HPG post-tratamiento (14 días). Al calcular la eficiencia antihelmíntica, comparando los datos de HPG del Día 0 y Día 14 para el Grupo Experimental (Método Liébano et al., 2011) se obtuvo una eficiencia de 50.85%.

En el segundo método que incluye comparar los datos de ambos grupos (Método Dash et al., 1998) la eficiencia calculada fue de 81.67%. Al respecto, en uno de los primeros estudios realizados en México, Montalvo-Aguilar et al. (2006) compararon la eficacia de la IVM (0.2 mg/kg, vía SC) y del Fenbendazol (FBZ) (5 mg/kg) en ovinos de rebaños en tres regiones de Tlaxcala, calculada a través de este método (comparación de medias de HPG del grupo control contra el grupo tratado), obtuvieron una eficacia de 89.9%, 99.2%, 100% y 100% para la IVM en cada una de las regiones estudiadas y de 96.2%, 99.5%, 100% y 100 para el FBZ, respectivamente. En todos los casos, las eficacias para la IVM fueron superiores a las obtenidas. En contraste, en otro estudio realizado con ovinos en Chile, en que igualmente se comparó la eficacia de estos AH, utilizando nuevamente la IVM administrada a la misma dosis que en el presente estudio (0.2 mg/kg, vía SC) y del Fenbendazol (FBZ) (5 mg/kg), calcularon la eficiencia antihelmíntica bajo el método Dash. A los 15 días post-tratamiento se obtuvo una eficacia del 77% para IVM y de 74% para FBZ (Toro et al., 2014), donde ambos porcentajes son menores que al obtenido en esta investigación.

En otro estudio realizado por Collazo-Preciado et al. (2023), en que emplearon esta fórmula obtuvieron una eficiencia de 93.3% (7d) y 98.4% (14 d), superior a la obtenida. Sin embargo, emplearon una dosis de Ivermectina al 4% (10.2 mg/Kg), lo que puede explicar las diferencias.

Siguiendo los criterios para determinar la RA marcados por la WAAVP (Coles et al., 1992), se compararon los resultados obtenidos de PRCH= 72.82%, con un Límite inferior IC95%=19.29%. En los estudios antes referidos realizados con ovinos en los que emplearon la misma dosis de Ivermectina que en el presente (2 mg/Kg), y la fórmula de WAAVP se obtuvieron resultados contrastantes. En el primero, Montalvo-Aguilar et al. (2006), utilizaron ovinos sin historial de tratamiento antihelmíntico. Reportan a los 14d una eficiencia de 99.2% y un Límite inferior IC95%= 92.7% por lo que concluyen que no existe RA. Por su parte, Toro et al. (2014) obtuvieron al día 7 una eficiencia de 34% (menor) y a los 15d de 77% (inferior en 4.67% a la obtenida) con un Límite inferior IC95%=38, con base en los cuales se determina la presencia de RA.

X. CONCLUSIÓN

Con base en los criterios de la WAAVP, debido a que el valor de PRCH=72.82% es <95% y el límite inferior IC95% = 19.29%<90%, se concluye que los NGI de los ovinos integrados en el experimento presentan resistencia antihelmíntica a la ivermectina.

XI. REFERENCIAS

- Alcalá, Y., Figueroa, A., Cruz, I., Ibarra, F., Martínez, C., Pérez, A., Ramírez, A., Romero, A., Vera, Y., Zapata, A. (2018). Diagnóstico de parásitos de interés en medicina veterinaria. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Allmectin (2021). Allmectin Pour on. Farbio Pharma. https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickvet/pdfs/productos/ALLMECTIN%20POUR%20ON-20211020-110444.pdf
- Anzures, O. F., Guerra, M. C. E., Osorio, A. L., y Martínez, S. F. E. (2025). Ovinocultura productiva y sostenible en la mixteca de Puebla y Oaxaca. INIFAP, Folleto Técnico No. 30. https://agriculturasostenible.mx/public/docu/manuales/ganaderia/Manual_OVINOS_Ovinocultura_productiva_y_sostenible_en_la_Mixteca_de_Puebla_y_Oaxaca.pdf
- Arece, J. y López, Y. (2013) Validación del método FAMACHA© en la detección de anemia en ovejas Pelibuey en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 36(4), 479-484. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269129935007.pdf>
- Arsenopoulos, K. V., Fthenakis, G. C., Katsarou, E. I., y Papadopoulos, E. (2021). Haemonchosis: A Challenging Parasitic Infection of Sheep and Goats. *Animals* (Basel), 11(2), 363. <https://doi.org/10.3390/ani11020363>
- Banchero, G., Montossi, F., San Julián, R., Ganzábal, A. Y Ríos, M. (2000). Tecnologías de producción de carne ovina de calidad en sistemas intensivos del Uruguay. INIA. Serie Técnica 118. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2861/1/111219240807140658.pdf>
- Barriga, O. O. (2002). Las enfermedades parasitarias de los animales domésticos en la América latina. Editorial Germinal. Santiago Chile. ISBN 978-956-2913-980

- Bautista, C. y Aguilar L., (2022). Generalidades de las infecciones parasitarias por nematodos gastrointestinales (NGI) en ovinos y alternativas de control. En García, R. V. G. (Comp.). *Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (Pleurotus spp.) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural* (Capítulo 9, pp. 311-329-337). Laberinto Ediciones, ISBN: 978-607-97839-4-5. <https://tinyurl.com/yx3swekj>.
- Bongers, T. y Esquivel, A. (2015) Morfología de los nematodos. Curso de identificación. Universidad Nacional de Costa Rica UNA. <http://nemaplex.ucdavis.edu/Courseinfo/Curso%20en%20Español/Costa%20Rica%20Course/Esquivel%20ManualIdentif%202015.pdf>
- Bowman, D. W. (2022). Georgi. Parasitología para veterinarios. 11ª. Edición, Editorial Elsevier, ISBN 978-841-382-250-1.
- Calderón, C. y Martínez, J. (2018). Parasitismo externo en el rebaño ovino. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. (25) <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/761aba41-366e-427c-a503-d82057cd8b8c/content>
- Calderón, C. y Martínez, J. (2018). Parasitismo interno en el rebaño ovino. Instituto de investigaciones Agropecuarias INIA. (26) <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/c7d5486a-64a7-46a1-b204-757061c59339/content>
- Capello, B., Arce, A. Barbieri, F., Del Rio, F., y Lozina, L. (2020). Estudio comparativo entre técnicas de MacMaster modificada INTA y Mini Flotac para el conteo de huevos de nematos en materia fecal de equinos. Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Nacional del Nordeste-Corrientes Capital, Argentina. https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/53951/RIUNNE_FVET_AR_Capello-Arce-Barbieri.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=
- Carpio, C. E. (2014) Descripción de los sistemas de producción ovina en México. *Tesis de licenciatura*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMI

- Cedillo-Borda, M., López-Arellano, M.E. & Reyes-Guerrero, D.E. (2020). In vitro Assessment of Ivermectin Resistance and Gene Expression Profiles of P-glycoprotein Genes from *Haemonchus contortus* (L3). *Bio-101*, e3851. <http://doi.org/10.21769/BioProtoc.3851>
- Cerna-Chávez, E., Rodríguez-Rodríguez, J. F., García-Conde, K. B., y Ochoa-Fuentes, Y. M. (2024). Potential of *Streptomyces avermitilis*: A Review on Avermectin Production and Its Biocidal Effect. *Metabolites*, 14(7), 374. <http://doi.org/10.3390/metabo14070374>
- Chávez, M., Cantú, I., González, H., Montañez, O. (2022) Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), e2246. <https://revistamvz.unicordoba.edu.com/article/view/e2246>
- Coffey, L. (2015). Manejo orgánico de parásitos internos y externos de animales. ATTRA Agricultura Sustentable. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FINAL%20Org%C3%A1nico%20de%20Par%C3%A1sitos%20Internos%20y%20Externos%20de%20Animales.pdf>
- Collazo-Preciado, G., López-Rodríguez, A., Pineda-Lucatero, J., López-Rodríguez, L. A., y Macedo-Barragán, R. (2023). Eficacia de la ivermectina y del albendazol sulfóxido para el control de nematodos gastrointestinales en ovejas Pelibuey. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(2): e23533. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i2.23533>
- Cole, R. (2021). Ivermectin. ToxTalks, University of Virginia Health. <https://med.virginia.edu/toxicology/wp-content/uploads/sites/268/2021/10/Oct21-Ivermectin.pdf>
- Coles C G, Baver C, Borsteede M, Geerts S, Klei R, Taylor M and Waller P 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.
[https://doi.org/10.1016/0304-4017\(92\)90141-U](https://doi.org/10.1016/0304-4017(92)90141-U)

COPLADEM (2017). Regiones y Municipios. Región I Amecameca. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México.
https://copladem.edomex.gob.mx/regiones_y_municipios#:~:text=REGI%C3%93N%20I%20AMECAMECA

Cristel, S.L. y Suárez, V.H. (2006). Resistencia antihelmíntica: evaluación de la prueba de reducción del conteo de huevos. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 29-43. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86435303.pdf>

Cuéllar, J. Tórtora, J., Trejo, A. y Roman, P. (2012). La producción ovina mexicana. Particularidades y complejidades. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
https://www.researchgate.net/publication/317702547_La_produccion_ovina_a_mexicana_Particularidades_y_complejidades.

Dash, K. M., Hall, E., & Barger, I. A. (1998). The role of arithmetic and geometric mean worm egg counts in fecal 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>

DailyMed (s.f.). Solución de Ivermectina para uso oral en ovejas.
<https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/fda/fdaDrugXsl.cfm?setid=e5f3d085-5f71-4463-8f2b-7843c7ce2ca0>

Decia, M.L. y Peralta, A.M.M. (2016). Evaluación y validación del método FAMACHA como estrategia de dosificación en corderos (*Ovis aries*) en otoño. *Tesis de Doctorado en Ciencias Veterinarias*. Universidad de la República (Uruguay). <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/10349/1/FV-32682.pdf>

de la Cruz, N., Zertuche, J., Flores, G. (2010). Manual práctico para el reconocimiento de enfermedades comunes en ovinos de engorda en el

- noreste de México. Ed. Plaza y Valdez. ISBN:978-607-402-206-3.
<https://riuat.uat.edu.mx/bitstream/123456789/1251/1/1251.pdf>
- Del Prado, A., Galán, E., Batalla, I. y Pardo, G. (2020). Impactos y adaptación al cambio climático en rumiantes. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*. 116(5), 461-482. <http://doi.org/10.12706/itea.2020.038>
- Esqueda-Coronado, M. H., & Gutiérrez-Ronquillo, E. (2009). Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo extensivo en el norte de México. INIFAP: Chihuahua, México. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14597281/produccion-de-ovinos-de-pelo-bajo-condiciones-de-pastoreo>
- FAO. (2024). *Sistemas Pecuarios. Distribución mundial*.
<https://www.fao.org/livestock-systems/global-distributions/sheeps/es/>
- FAOSTAT (2020). Estadísticas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/statistics/es>
- FIA (2022). Diseñan sistema de monitoreo para reducir la depredación ovina. Fundación para la Innovación Agraria. <https://www.fia.cl/disenan-sistema-de-monitoreo-para-reducir-la-depredacion-ovina/>
- García, S. B., Hernández, M. D., Soler, R. F., y Pérez-López, M. (2011). Empleo de Ivermectina como parasitocida en ovinos: posibles efectos tóxicos y repercusiones ambientales. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 27, 23–32.
<https://doi.org/10.6018/j/160111>
- García, C. D. J., Pulido, M. M. O. y Díaz, A. A. M. (2015). 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/rlct.v7i2.236>
- García-Trejo, L. (2010) Enfermedades metabólicas en rumiantes. Sitio argentino de producción animal. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/metabolicas/metabolicas_bovinos/41-

[Rumiantes.pdf](#)

- García-Rubio, V.G. y Ojeda-Carrasco, J.J. (2024). Hemoncosis: la parasitosis de mayor prevalencia e impacto en el ganado ovino. *ALBEITAR*, Publicación para Veterinarios Especialistas en Rumiantes (España), (267), 20-25. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/675049>
- Gioffredo, J. J. (2011). Sanidad en ovinos y caprinos. Enfermedades metabólicas. Universidad Nacional del Río Cuarto. Sitio Argentino de producción animal. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_caprinos/43-metabolicas.pdf
- Gómez, C. (2024). Situación global del sector de la carne de ovino. Euroganaderia.eu. https://www.euroganaderia.eu/sector-carne-ovino/reportajes-y-entrevistas-portada/situacion-global-del-sector-de-la-carne-de-ovino-895_11_1472_0_1_in.html
- González, C. A., Sahagún, P. A. M., Díez, L. M. J., Fernández, M. N., Sierra, V. M. y García, V. J. J. (2009). The pharmacokinetics and metabolism of ivermectin in domestic animal species. *The Veterinary Journal*, 179(1), 25-37. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.07.011>
- González-Canga, A., Fernández-Martínez, N., Sahagún-Prieto, A., García-Vieitez, J., Díez, L. M. J., Tamame-Martín, P. P. y Sierra-Vega, M. (2010). Seguridad de la Ivermectina: Toxicidad y reacciones adversas en diversas especies de mamíferos. *Revista MVZ Córdoba*, 15(2), 2127-2135. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v15n2/v15n2a13.pdf>
- González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., López-Arellano, M. E. y Mendoza-de Gives, P. (2012). Resistencia antihelmíntica de nematodos parásitos em ovinos. *Revista de Geografía Agrícola*, (48-49), 63-74. <https://revistas.chapingo.mx/geografia/article/view/r.rga.2012.48-49.04/r.rga.2012.48-49.04>

- Grandin, T. (2022). Grazing Cattle, Sheep, and Goats Are Important Parts of a Sustainable Agricultural Future. *Animals* (Basel), 12(16), 2092. <http://doi.org/10.3390/ani12162092>
- Haenlein, G. (2001). Past, Present, and Future Perspectives of Small Ruminant Dairy Research. *Journal of Dairy Science*, 84(9), 2097-2115. [https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74655-3](https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74655-3)
- Hernández-Serratos, M., y Díaz-Sánchez, V. (2022). Verminosis pulmonar en pequeños rumiantes, descripción de la enfermedad, prevención, control y tratamiento. *Revista Ciencia UAT*, 17(1),152-161. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i1.1653>
- Herrera, A. L. K. y Unda, L. M. (2021). Determinación de parámetros hematológicos y química sanguínea en ovinos. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de Los Llanos, Villavicencio, España. [https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/3eb79d3c-ecd2-43ea-89dd-ffa410424e2e/content#:~:text=Los%20valores%20normales%20de%20hematocrito,%25%20\(Rosa%20%2C%202017\).](https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/3eb79d3c-ecd2-43ea-89dd-ffa410424e2e/content#:~:text=Los%20valores%20normales%20de%20hematocrito,%25%20(Rosa%20%2C%202017).)
- ICAMEX, (2018). *Ovinos*. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal. Secretaria del Campo. Gobierno del Estado de México. <https://icamex.edomex.gob.mx/ovinos>
- INEGI (2010). Compendio de información geográfica municipal. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15017.pdf
- Larsen, J. W. A. (2024). Factores que afectan el rendimiento reproductivo en ovejas. *Manual de MSD. Manual de Veterinaria*. <https://www.msdvetermanual.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/manejo-de-la-reproducci%C3%B3n-ovejas/factores-que-afectan-el-rendimiento-reproductivo-de-las-ovejas>
- Liébano Hernández, E. (2011). Coprocultivo para la obtención de larvas infectantes de nematodos gastroentéricos en rumiantes. Diagnóstico y alternativas de

control de las principales parasitosis internas en rumiantes. INIFAP

- Mancilla, M. M. G., Torres, A. J. F. J., y Ayala, B. A. J. (2022). Dosis, excesos y reacciones adversas del closantel en ovinos y caprinos en México. *Bioagrociencias*, 15(1), 39-46. <http://doi.org/10.56369/BAC.4255>
- Marín, E. (agosto 9, 2023). La Estabulación en rumiantes como sistema de producción. Manejo y Procesos Ganaderos. CEVA. Salud Animal. <https://ruminants.ceva.pro/es/la-estabulacion-en-rumiantes-como-sistema-de-produccion#:~:text=estabulaci%C3%B3n%20de%20rumiantes>
- Márquez, L. D. (2007). Resistencia a los antihelmínticos en nematodos de rumiantes y estrategias de control. Corporación de investigación agropecuaria. Corpoica y Colciencias. <https://repositorio.minciencias.gov.co/entities/publication/0ba6c961-7060-4dd4-ba94-8c4bff181ed0/full>
- Márquez, L. D. (2014). Control sostenible de los nematodos gastrointestinales en rumiantes. Corporación de investigación agropecuaria. Corpoica y Colciencias. ISBN:978-958-740-191-2. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/237-Control_sostenible.pdf
- Márquez, L. D. (enero 13, 2020). Los antihelmínticos como alternativa química para el control de los nematodos gastrointestinales en rumiantes. *Engormix*. https://www.engormix.com/ganaderia/parasitos-ganado-carne/los-antihelminticos-como-alternativa_a44530/
- Martínez, G. A. I. (2020). Evaluación de la inducción de celo en ovejas f1 (Charollais-Pelibuey) con esponjas intravaginales tratadas con dos fuentes de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG), en una explotación semi-intensiva, en el Municipio de Teoloyucan, Estado de México. *Tesis de Licenciatura*, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-Universidad Nacional Autónoma de México. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2020/febrero/0800533/Index.html>

- McKellar, Q. A. y Jackson, F. (2004). Veterinary anthelmintics: old and new. *Trends in Parasitology*, 20(10), 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.08.002>
- Medina, P., Guevara, F., La O, 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 nemátodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes*. 37(3), 257-263. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269133036002>
- Mendoza, de G. P., y Torres-Acosta, J. F. J. (Coords.). (2023). Diagnóstico y control sustentable de nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos en la era de la resistencia antihelmíntica. Editorial UADY. Mérida, Yucatán, México. ISBN 978-607-8741-45-8. https://libreria.uady.mx/products/diagnostico-y-control-sustentable-de-nematodos-gastrointestinales-en-ovinos-y-caprinos-en-la-era-de-la-resistencia-antihelmintica?srsId=AfmBOorrzJ8H5fEf0opR4UVkopH2tm21tNLPxxZTF3WgtDG2dn34C0_u
- Montalvo-Aguilar, X., López, A. M. E., Vázquez, P. V., Liébano, H., E., y Mendoza de G. P. (2006). Resistencia antihelmíntica de nematodos gastroentéricos en ovinos a febendazol 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>
- Montossi, F., Font, M., del Campo, M., San Julián, R., Brito, G., Sañudo, C (2013). Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Science*, 95(4), 772-789. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.048>
- Morales, G. F y Vicuña, G. (2023). ¿Cuál es la condición corporal ideal del ganado? CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/cual-es-la-condicion-corporal-ideal-del-ganado/>
- Navone, G. T., Achinelly, M. F., Notarnicola, J. y Zonta, M. (2017). Phylum Nematoda. En Drago, F. B. (Coord). *Macroparásitos: diversidad y biología*, (Capítulo 9,

pp. 128- Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. ISBN: 978-950-34-1521-4. <https://www.researchgate.net/profile/Maria-Zonta-2/publication/335448733>

Noack, S., Chapman, H. D., y Selzer, P. M. (2019). Anticoccidial drugs of the livestock industry. *Parasitology Research*, 118(7), 2009-2026. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06343-5>

Nordbring-Hertz, Hans-Börje, y Tunlid, A. (2006). Nematophagous Fungi. *Encyclopedia of Life Sciences*. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0000374>

Ojeda, C. J. J., García, R. V. G., Hernández, G. P. A., Espinosa, A. E., y Márquez, M. O. (2022). 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* (Capítulo 10, pp. 339-419). Laberinto Ediciones, ISBN: 978-607-97839-4-5. <https://tinyurl.com/yx3swekj>.

Orellana, E. (2020). Informe sectorial ovino caprino: el ovino y caprino a nivel mundial. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/informesectorialdeovinoycaprino_2020_tcm30-109565.pdf

Orus, A. (2024). *Producción mundial de carne de ovino 2012-2022*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/525720/produccion-mundial-de-carne->

Partida, de la P., J. A., Braña, V. D., Jiménez, S. H., Ríos, R. F. G. y Buendía, R. G. (2013). *Producción de carne ovina*. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (INIFAP). Libro Técnico No 5. https://www.academia.edu/31698469/Producci%C3%B3n_de_Carne_Ovina

Pérez, R. (2011). Bases farmacológicas de la terapéutica antihelmíntica en ruminantes: Eficacia y seguridad de avermectinas y milbemicinas. *Anales del XII Congreso Chileno de Buiatría*, Osorno, Chile, Pp 49-58.

<https://riconicet.gov.ar/handle/11336/153452>

- Pérez-Cogollo, L. C., Rodríguez-Vivas, R. I., Basto-Estrella, G. del S., Reyes-Novelo, E., Martínez-Morales, I., Ojeda-Chi, M. M., y Favila, M. E. (2018). Toxicidad y efectos adversos de las lactonas macrocíclicas sobre escarabajos estercoleros: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(4), 1293-1314 <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2508>
- Pérez-López, M. (2011). Empleo de Ivermectina como parasitocida en ovinos: posibles efectos tóxicos y repercusiones ambientales. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 27, 23–32. <https://doi.org/10.6018/j/160111>
- Pérez, R. V., Macías, C. U., Avendaño, R. L., Correa-Calderón, A. López, B. M. de los Á., y Lara, R. A. L. (2020) Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 205-222. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4923>
- Plata, P. G. (2016). Caracterización de los sistemas de producción ovina en el área de protección de flora y fauna nevado de Toluca. *Tesis de Licenciatura*, Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58591/TESIS-GPP-06-16.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prada, G. A. y Romero, C. S. (2010). Determinación de los grados de resistencia antihelmíntica que presentan los pequeños *Strongylus* frente a las lactonas macrocíclicas, según el test de análisis del desarrollo de larvas (LDA) en equinos de las sabanas de Casanare. *Revista de Medicina Veterinaria*, (21), 147-154. <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n21/n21a11.pdf>
- Prichard, R. (1994). Resistencia antihelmíntica. *Parasitología Veterinaria*. Volumen 54, 259-268. ISSN 0304-4017, [https://doi.org/10.1016/034-4017\(94\)90094-9](https://doi.org/10.1016/034-4017(94)90094-9).
- Producción Animal (febrero, 21 de 2024) Abordando problemas reproductivos en el ganado ovino. <https://www.produccionanimal.com/abordando-los-problemas-reproductivos-en-el-ganado-ovino/>

- Quiroz, R. H. (2012) *Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos*. Editorial Limusa, México. ISBN 978-968-1816-742
- Ramírez, J. (2014). Evaluación de la eficacia de las partículas de cobre para el tratamiento de nematodos gastrointestinales en ovinos. *Tesis de licenciatura*. UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/jspui/bitstream/20.500.14330/TES01000719402/3/0719402.pdf>
- Reyes-Guerrero, D., 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(Suplemento 3), 186-204. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5840>
- Riani, A. (2023). Situación y perspectivas de la cadena ovina. Anuario OPYPA 2023. <https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuarioopypa2023/CP/3/CP3web/CP3Cadenaovinasituacion.pdf>
- Robinson, M. A. (2023). Vías de administración y formas de dosificación de los fármacos. *Manual MSD. Manual de Veterinaria*. <https://www.msdsvetmanual.com/es/farmacolog%C3%ADa/introducci%C3%B3n-a-la-farmacolog%C3%ADa/v%C3%ADas-de-administraci%C3%B3n-y-formas-de-dosificaci%C3%B3n-de-los-f%C3%A1rmacos>
- Rodríguez, D. J. G., Arece, J., Olivares, J. L., Alemán, Y., y Sánchez, C. Y., (2015). Antihelmínticos, resistencia y método FAMACHA. Experiencia cubana en ovinos. *Revista Salud Animal*, 37(1), 57-63. <https://www.censa.edicionescervantes.com/index.php/RSA/article/view/539/507>
- Romero, M. (2005) Unidad 4: Zootecnia de ovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_4_ovinos.pdf
- 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 (Capítulo 8, pp. 311-329). Laberinto Ediciones, ISBN: 978-607-97839-4-5. <https://tinyurl.com/yx3swekj>.
- SADER. (2018). Creció 70 por ciento la producción en el sector ovino nacional con alta calidad genética: SAGARPA. SADER. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-70-por-ciento-la-produccion-en-el-sector-ovino-nacional-con-alta-calidad-genetica-sagarpa-182461>
- Senra, A.F. (2005). Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39, 415-426. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017842004.pdf>
- SIACON-NG1 (2023). SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) SIACON (Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta). *Modulo Pecuuario Nacional y Estatal* del SIACON-NG de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Torres, A. J. F. J., Cámara, S. R., Aguilar, C. A. J., Sandoval, C. C. A. y González, P. P. G. (2014). Usos de agujas de óxido de cobre para el control de nematodos gastrointestinales. Comité Nacional sistema productos caprinos. <https://www.researchgate.net/publication/313099800>
- Torres-Acosta, J. F. J., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A., Canul-Ku, H. L., y Pérez-Cruz, M. (2009). Estrategias de desparasitación selectiva dirigida. En: González, R. y Berumen, A. C. (Comps.). *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico* (pp. 50-62). Universidad Autónoma de Chapingo/ C.R.U.C.E. ([https://www.researchgate.net/publication/267970685 Estrategias de desparasitacion selectiva dirigida](https://www.researchgate.net/publication/267970685_Estrategias_de_desparasitacion_selectiva_dirigida))
- Toro, A., Rubilar, L., Palma, C. y Pérez, R. (2014). Resistencia antihelmíntica en nematodos gastrointestinales de ovinos tratados con ivermectina y

- fenbendazol. *Archivos de Medicina Veterinaria* (Valdivia), 46(2), 247-252.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X201400 0200010>
- Van Wyk, J.A. (2001). Refugia-overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 68(1), 55-67.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11403431/>
- Varcárcel, S. F. (2010). Atlas de parasitología ovina: cestodos. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_ovinos/04-cestodos.pdf
- Vázquez-Martínez, I., Jaramillo-Villanueva, J. L., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., Calderón-Sánchez, F., Torres-Hernández, G., & Pittroff, W. (2018). Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo (ASyD)*, 15, 85-97.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n1/1870-5472-asd-15-01-85-en.pdf>
- Vásquez, H. M., González, G. R., Torres, H. G., Mendoza, de G. P., y Ruiz, R. J. M. (2006). Comparación de dos sistemas de pastoreo en la infestación con nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo. *Veterinaria Mexico*, 37 (1), 15-27. <https://www.mediagraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2006/vm061b.pdf>
- Vázquez-Quintanal, P.E., Rodríguez-Vivas, R.I. y Muñoz-Rodríguez, D. (2022). Métodos analíticos para determinar lactonas macrocíclicas en diferentes tipos de matrices. Una revisión. *Química Nova* 45(2), 178-193
<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170818>
- Vicente-Pérez, A., Avendaño-Reyes, L., Barajas-Cruz, R., Macías-Cruz, U., Correa-Calderón, A., Vicente-Pérez, R., Corrales-Navarro, J. L., y Guerra-Liera, J. E. (2018). Parámetros bioquímicos y hematológicos en ovinos de pelo con y sin sombra bajo condiciones desérticas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 259-269. <http://doi.org/10.19136/era.a5n14.1544>

Victoria, C. J. (2010). Ivermectina: Sus múltiples usos, seguridad y toxicidad. *Revista Chilena de Dermatología*, 26(4), 358-368. https://sochiderm.org/web/revista/26_4/1.pdf

Werth, B. J., y Tesini, B. L. (2024). Macrólidos. *Manual MSD para público general*. <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/infecciones/antibi%C3%B3ticos/macr%C3%B3lidos>