



JOURNAL OF THE  
*Selva Andina*  
Animal Science

Official Journal of the Selva Andina Research Society

ISSN 2311-3766 (print edition)  
**JSAAS**  
ISSN 2311-2581 (online edition)

Journal of the Selva Andina Animal Science

ISSN: 2311-3766

ISSN: 2311-2581

directoreditoranimalscience@gmail.com

**Selva Andina Research Society**

Bolivia

López-Rodríguez, Gabino; Zaragoza-Bastida, Adrian; Olmedo-Juárez, Agustín; Rosenfeld Miranda, Carla; Rivero-Perez, Nallely

Nematodos gastrointestinales en ovinos y su resistencia antihelmíntica. Un tema en discusión de México

Journal of the Selva Andina Animal Science, vol. 10, núm. 2, 2023, pp. 116-129

Selva Andina Research Society

Bolivia

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100200116>

- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



Nematodos gastrointestinales en ovinos y su resistencia antihelmíntica. Un tema en discusión dé México  
Gastrointestinal nematodes in sheep and their anthelmintic resistance. A subject under discussion in Mexico

López-Rodríguez Gabino<sup>1</sup> , Zaragoza-Bastida Adrian<sup>1</sup> , Olmedo-Juárez Agustín<sup>2</sup> , Rosenfeld Miranda Carla<sup>3</sup> , Rivero-Perez Nallely<sup>1\*</sup>



## Datos del Artículo

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.  
Instituto de Ciencias Agropecuarias.  
Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia.  
km. 4.5, Pachuca – Actopan, Campo de Tiro, 42039  
Pachuca de Soto.  
Tel: +52 771 717 2000.  
Hidalgo, México.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad.  
Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla No. 8534/Col. Progreso.  
C.P. 62550, Jiutepec.  
Tel: +525538718700.  
Morelos, México.

<sup>3</sup> Universidad Austral de Chile  
Facultad de Ciencias Veterinarias  
Isla Teja s/n, Casilla 567.  
Tel: +56 63 222 1277  
Valdivia, Chile.

\*Dirección de contacto:  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.  
Instituto de Ciencias Agropecuarias.  
Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia.  
km. 4.5, Pachuca – Actopan, Campo de Tiro, 42039  
Pachuca de Soto.  
Tel: +52 771 717 2000.  
Hidalgo, México.

Nallely Rivero-Perez  
E-mail address: [nallely\\_rivero@uaeh.edu.mx](mailto:nallely_rivero@uaeh.edu.mx)

## Palabras clave:

Resistencia,  
antihelmínticos,  
nematodos gastrointestinales,  
ovinos,  
México.

*J. Selva Andina Anim. Sci.*  
2023; 10(2):116-129.

ID del artículo: 128/JSAAS/2023

## Historial del artículo.

Recibido febrero 2023.  
Devuelto mayo 2023.  
Aceptado julio 2022.  
Disponible en línea, octubre 2023.

**Editado por:**  
**Selva Andina**  
**Research Society**

## Resumen

La producción de ganado ovino en México, representa una actividad pecuaria importante económica, que se desarrolla bajo diferentes sistemas de producción, dependiendo de la región del país donde se encuentre la unidad de producción. La ovinocultura como otras actividades pecuarias presentan limitaciones, asociadas a enfermedades infecciosas, como las parasitarias, causadas por nematodos gastrointestinales, que impactan de forma negativa, al generar altas tasas de mortalidad y disminuir parámetros productivos y reproductivos. La estrategia básica de control se sustenta en el uso de fármacos antihelmínticos derivados del bencimidazol, lactonas macrocíclicas e imidazotiazoles, actualmente, el uso eficaz de este tipo de fármacos se ve amenazado y restringido por el aumento de poblaciones de nematodos gastrointestinales resistentes (*Haemonchus* spp., *Cooperia* spp., *Oesophagostomum* spp., *Trichostrongylus* spp., *Teladorsagia* spp., *Chabertia* spp., *Ostertagia* spp., y *Nematodirus* spp.) distribuidos en el territorio nacional. La presente revisión tuvo como propósito analizar el panorama actual de la resistencia a antihelmínticos en nematodos gastrointestinales de ovinos en las diferentes regiones de México, con la finalidad de evidenciar su resistencia, distribución y prevalencia.

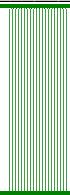
2023. *Journal of the Selva Andina Animal Science*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

## Abstract

Sheep production in Mexico represents an economically important livestock activity, which is developed under different production systems, depending on the region of the country where the production unit is located. Sheep farming, like other livestock activities, has limitations associated with infectious diseases, such as parasitic diseases caused by gastrointestinal nematodes, which have a negative impact by generating high mortality rates and reducing productive and reproductive parameters. The basic control strategy is based on the use of anthelmintic drugs derived from benzimidazole, macrocyclic lactones and imidazothiazoles, currently, the effective use of this type of drugs is threatened and restricted by the increase in populations of resistant gastrointestinal nematodes (*Haemonchus* spp., *Cooperia* spp., *Oesophagostomum* spp., *Trichostrongylus* spp., *Teladorsagia* spp., *Chabertia* spp., *Ostertagia* spp. and *Nematodirus* spp.). The purpose of this review was to analyze the current situation of resistance to anthelmintics in gastrointestinal nematodes in sheep in different regions of Mexico, in order to show their resistance, distribution and prevalence.

**Keywords:**

Resistance,  
anthelmintics,  
gastrointestinal nematodes,  
sheep,  
México.



2023. *Journal of the Selva Andina Animal Science*®. Bolivia. All rights reserved.

## Introducción

La crianza de ganado ovino es una de las actividades pecuarias de mayor relevancia en el mundo, por la producción de carne destinada al consumo humano, constituyendo la fuente importante de nutrientes, como proteínas, vitaminas, minerales, etc.<sup>1</sup>.

En México, las características climatológicas permiten la implementación de diferentes sistemas de producción ovina, de acuerdo a las regiones geográficas del país, inclusive en condiciones climatológicas adversas, que impiden la práctica de otras actividades pecuarias<sup>2</sup>.

Los factores medio ambientales, como clima, humedad, estación del año y región juegan un rol importante en la disponibilidad de vegetación, que puede ser utilizadas como un recurso forrajero, para disminuir los costos de alimentación, sin embargo, son un factor determinante en la prevalencia de parasitosis en las unidades de producción (UP) de ovinos, favoreciendo su desarrollo y permanencia en las pasturas disponibles<sup>3</sup>.

Las parasitosis en ovinos representan uno de los principales problemas sanitarios a nivel mundial, afectando de forma directa a los animales jóvenes, limitando su crecimiento, y en adultos su productividad<sup>4</sup>.

Los nematodos gastrointestinales (NGI) generan limitaciones en la salud y producción animal, ya que, estos parásitos, presentan características biológicas, como elevada prolificidad, adaptabilidad y resistencia a condiciones climáticas adversas, que favorecen su alta prevalencia<sup>5</sup>.

En la mayoría de las UP el uso de fármacos antihelmínticos (AH) representan una de las herramientas

más eficaces en el control de NGI. El uso apropiado y racional de estos fármacos, permite que los animales expresen su potencial productivo, evitando pérdidas económicas por nematodiasis. El rápido desarrollo de poblaciones de NGI con resistencia AH, es una amenaza que afecta la eficacia de estos medicamentos como herramientas de control de parásitos. Por tanto, es imperativo realizar un seguimiento del desarrollo, y propagación de poblaciones de parásitos resistentes en diferentes partes de mundo<sup>6</sup>.

La elevada eficacia que presentaban los fármacos AH de origen químico en el control de parásitos, promovió su uso continuó en las UP<sup>7</sup>, de esta forma, la implementación del control químico como única estrategia, tuvo como resultado la pérdida gradual del efecto AH, desarrollando poblaciones de parásitos con resistencia antihelmíntica (RA)<sup>8</sup>.

La RA es un fenómeno generacional, en la que el fármaco disminuye su eficacia a concentraciones a las que normalmente tiene efectos sobre una población parasitaria susceptible<sup>9</sup>. La pérdida de la susceptibilidad de los NGI al fármaco, se asocia con modificaciones genéticas y bioquímicas que permiten a los parásitos sobrevivir y transmitir alelos de resistencia a su progenie, lo que representa un incremento en poblaciones de nematodos con alelos de resistencia<sup>1</sup>.

Con fundamento en lo anterior, se propuso realizar una revisión bibliográfica sobre RA en NGI en ovinos de México. Se realizó una búsqueda en las bases de datos: Google académico, Redalyc, SciELO y Scopus considerando un periodo de publicación entre 1968 y 2020. Las palabras clave utilizadas fueron ne-

matodos, AH, resistencia. Se eliminaron las publicaciones con datos incompletos o trabajos irrelevantes. Se revisaron y analizaron documentos de texto completo con información acerca de la RA en NGI en ovinos de México.

## Desarrollo

*Enfermedades de origen parasitario en ovinos.* En México, las enfermedades de origen parasitario están entre las más frecuentes e importantes, ya que, ocasionan ineficiencia biológica y económica en los sistemas pecuarios, afectando parámetros productivos<sup>10</sup>. Los agentes causantes de las parasitosis gastrointestinales en los pequeños rumiantes son diversos, por lo que su comportamiento biológico y efectos sobre el animal, dependen del parásito involucrado<sup>11</sup>. Una enfermedad de naturaleza parasitaria, es consecuencia de un desequilibrio entre el agente, hospedero y medio ambiente, generando manifestaciones clínicas características. Se ha documentado que el uso de fármacos antiparasitarios, no solo tiene un impacto sobre la parasitosis en el hospedador, sino que, además impacta negativamente sobre poblaciones de nematodos de vida libre, generando una modificación medio ambiental<sup>12</sup>.

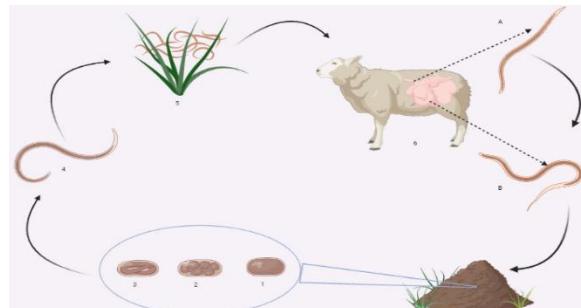
De manera general, los parásitos que afectan a los ovinos se categorizan en 2 grandes grupos, i) parásitos externos y ii) parásitos internos, para este último grupo, se considera necesario realizar muestreos periódicos en las heces, al menos 1 vez al mes, para determinar el comportamiento de las parasitosis e identificar el momento ideal para la administración del tratamiento antiparasitario<sup>13</sup>.

Los ovinos padecen infecciones graves por helmintos, siendo más evidentes en animales jóvenes, por la falta en el desarrollo de algunos procesos inmunológicos<sup>14</sup>. Uno de los nematodos más patógenos, es *Haemonchus* spp., migra en fase L<sub>3</sub> hacia las paredes

de la mucosa gástrica, y a partir de ahí, se alimenta como verme adulto<sup>10</sup>. Otros géneros como *Cooperia* spp., *Ostertagia* spp., *Trichostrongylus* spp., *Teladorsagia* spp., y *Oesophagostomum* spp., tienen una importancia similar, dado su efecto en otras secciones del tracto gastrointestinal<sup>15</sup>.

El orden Strongylida, posee características morfológicas como cápsula bucal, aparato reproductor, lóbulos de la bolsa copulatrix y la forma de las crestas de la cutícula, que permiten inferir su parentesco, además, poseen tropismo por el abomaso, ahí se establecen, para alimentarse de la sangre del hospedero, causando anemias notables en un periodo de 10-12 días<sup>16</sup>.

**Figura 1 Ciclo biológico NGI:** huevo morulado (1), huevo embrionado (2), larva en primer estadio (3), larva en segundo estadio (4), larva en tercer estadio o larva infectante (5) y larva en cuarto estadio o adulta (6)



El ciclo de vida de los nematodos corresponde al tipo monoxeno (Figura 1), es decir, no presenta hospederos intermediarios, dicho ciclo comprende las etapas: huevo morulado (1), huevo embrionado (2), larva en primer estadio (3), larva en segundo estadio (4), y larva de tercer estadio o infectante (5).

Durante este, las larvas infectantes, mantienen su cutícula de larva de segundo estadio, confiriéndole resistencia a factores medioambientales, que permiten su supervivencia hasta más de 1 año en pastos. Si las condiciones de temperatura y humedad son óptimas, se desplazan mediante hidrotropismo, llegando del

suelo a la punta de las pasturas, por medio de las gotas de agua, ubicadas en las superficies del pasto, y así, ser ingeridas por un ovino<sup>16</sup>.

Luego de ser ingeridas, las larvas infectantes penetran la mucosa gastrointestinal, ahí sufren una última ecdisis a larvas de cuarto estadio (6), dentro de la mucosa del abomaso, tratándose de *Teladorsagia* y *Haemonchus* (6B), o bien, en intestino delgado, para el caso de *Nematodirus* spp., *Trichostrongylus* spp., o *Cooperia* spp., (6A). Los adultos ubicados en el órgano blanco, viven de 1-3 meses en promedio, dependiendo del estado nutricional, etapa fisiológica, y respuesta inmune de cada animal<sup>17</sup>.

Las parasitosis por NGI generalmente ocurren en infecciones mixtas, asociadas principalmente a las regiones climáticas. Como resultado de la invasión, tanto del abomaso, como intestino, se genera una gastroenteritis parasitaria, que puede ocasionar la muerte de los animales afectados, o alterando las condiciones de bienestar animal<sup>18</sup>.

La gastroenteritis parasitaria en fase clínica, se caracteriza por diarrea acuosa, pelaje opaco, anorexia, anemia y perdida general de la condición corporal. No obstante, en casos subclínicos, los efectos de los NGI se evidencian con un impacto negativo en parámetros productivos, con baja producción de leche, baja ganancia de peso, y retardo en el crecimiento de los animales, sin manifestar los signos clínicos característicos<sup>19</sup>.

*Principales nematodos en ovinos, de acuerdo con su ubicación geográfica en México.* El suroeste de México, se caracteriza por presentar climas cálidos con subdivisión en cálido húmedo y cálido subhúmedo, la humedad relativa y temperatura son factores que favorecen el desarrollo de parásitos en las UP<sup>2</sup>. González-Garduño et al.<sup>20</sup>, realizaron un estudio en 242 animales en un rastro del estado de Tabasco, observaron 57.4 % de los animales estaban parasitados con algún género de parásito. Las principales espe-

cies de nematodos identificados fueron *Haemonchus contortus* en abomaso, *Cooperia curticei*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Strongyloides papillosus* y *Bunostomum trigonocephalum* en intestino delgado. *Oesophagostomum columbianum* y *Trichuris ovis* en intestino grueso. Los tres principales fueron: *H. contortus*, *O. columbianum* y *T. colubriformis* con conteos promedio superiores a 1009, 813 y 335 adultos respectivamente.

Por su parte, López-Ruvalcaba et al.<sup>21</sup> analizaron el contenido gastrointestinal de 122 ovinos procedentes de diferentes Municipios de Villahermosa, Tabasco, considerando aspectos como la edad, género, estado fisiológico y mes de muestreo, en el conteo de nematodos adultos totales y por especie. Las especies de nematodos reportados fueron: *H. contortus*, *T. colubriformis* y *C. curticei*. Además, la presencia del cestodo *Moniezia expansa*. En los ovinos de 31 a 36 meses de edad, las cargas parasitarias determinadas, por conteo de NGI ( $49 \pm 143$ ) fueron menores que en los animales de todas las demás edades, concluyendo que el factor edad puede influir en la prevalencia de este tipo de parásitos.

Bajo este esquema, Hernández-Rojas et al.<sup>22</sup> analizaron la prevalencia de NGI, así como los géneros presentes en ovinos de pastoreo al inicio de la época de secas en la parte alta del municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero, México, los autores determinaron una prevalencia de nematodos del 77.63 %, reportando la eliminación de 595 huevos por gramo de heces (HPG). Los géneros de NGI identificados fueron: *Haemonchus* spp., 32 %, *Cooperia* spp., 30 %, *Trichostrongylus* spp., 17.33 %, *Oesophagostomum* spp., 13.67 % y el género *Strongyloides* spp., 7 %, concluyendo que los ovinos en pastoreo, al inicio de la época seca presentaron alta prevalencia de NGI, siendo los géneros predominantes *Haemonchus* spp., y *Trichostrongylus* spp.

En la zona norte de México, las parasitosis tienen un

comportamiento ligado a las diferentes condiciones climáticas e incluso poco óptimas para el desarrollo de estas, infiriendo, que la escasa prevalencia de nematodos presentes en el ganado ovino, es debido a un rompimiento del ciclo de vida, tal y como lo menciona Medina et al.<sup>23</sup> quienes determinaron, que la temporada de muestreo, así como la región geográfica, influyen en la prevalencia de parásitos, las especies presentes y la frecuencia de animales infectados. Existen pocos reportes sobre la identificación de NGI en UP ovinas de esta zona, no obstante, se han reportado casos de endoparásitos del borrego cimarrón, considerado una especie de importancia ecológica, en el estado de Baja California Sur, de acuerdo con lo reportado por León-Friás<sup>24</sup> quien identificó 5 especies de endoparásitos, destacando *Skrjabinema ovis*, nematodo que también tiene la capacidad de infectar a ovinos domésticos.

Para la región centro, se han realizado algunos reportes, como el de George-Sánchez & Quiróz-Romero<sup>25</sup>, quienes observaron la presencia de NGI, pulmonares y hepáticos en ovinos del Municipio de Soltepec, 85 % de las muestras resultó positiva al protozoo *Eimeria* spp., las especies fueron: *E. ovina* 45.55 %, *E. ashata* 11.86 %, *E. ovinoidalis* 8.86 %, *E. faurei* 5.88 %, *E. parva* 7.23 %, *E. granulosa* 6.96 %, *E. pallida* 4.04 %, *E. ninakohlyakimovae* 3.39 %, *E. crandallis* 2.74 % y *E. punctata* 1.14 %, la cantidad de ooquistas por gramo de heces (OPG) osciló entre 498 y 3333. Respecto a los nematodos el 68.12 % de los ovinos resultó positivo estrongílicos, 30 % *S. papillosum*, 9.31 % *Trichuris* spp., 8.75 % *Nematodirus* spp., 21.25 % *Dictyocaulus filaria*, 5 % *Muellerius capillaris* y 19.37 % *Fasciola hepatica*. El promedio de HPG de nematodos osciló entre 73.75 y 1695.25. Los géneros de nematodos identificados fueron: *Haemonchus* spp., 40 %, *T. axei* 25 %, *Ostertagia* spp., 11.7 %, *Oesophagostomum* spp., 9.7 %,

*Cooperia* spp., 4.5 %, *Bunostomum* spp., 2.5 %, *Nematodirus battus* 2 %, *Strongyloides papillosum* 1.5 % y *Nematodirus spathiger* 1 %.

Por su parte, Soca et al.<sup>26</sup>, realizaron un estudio en ovinos de Villa del Carbón, Estado de México, e identificaron larvas infectantes de nematodos, determinando que el 46 % correspondía a *Haemonchus* spp., 25 % a *Cooperia* spp., 15 % a *Ostertagia* spp., 6 % a *Oesophagostomum* spp., 5 % a *Bunostomum* spp., y 3 % *Trichostrongylus* spp.

Montalvo-Aguilar & de Gives<sup>12</sup>, identificaron los nematodos con mayor prevalencia en la región noreste del estado de Tlaxcala, muestreando a 21 rebaños, identificaron *Haemonchus* spp., *Teladorsagia* spp., *Trichostrongylus* spp., *Cooperia* spp., y *Nematodirus* spp.

Como se ha evidenciado en los estudios anteriormente descritos, la presencia de infecciones mixtas por NGI en ovinos tiene una influencia directa de las condiciones climatológicas que prevalecen en las diferentes regiones, de las características propias del hospedero (edad, género, raza, etc.) y del manejo sanitario que se implementa en cada UP, que explica las variaciones de los patrones epidemiológicos que han sido reportados en las diferentes regiones de México<sup>27</sup>.

Los factores medio ambientales, como humedad y temperatura rigen la distribución geográfica, así como la prevalencia de larvas infectantes de NGI. Por esta razón, en zonas con climas tropicales, principalmente en verano, se observa un aumento en la prevalencia de estos parásitos. No obstante, en los últimos años, los efectos del cambio climático han generado alteraciones medio ambientales, que favorecen el proceso de adaptación de los NGI y, por tanto, su prevalencia. El proceso de adaptación está asociado a la alta diversidad genética que poseen, de esta manera los NGI aumentan su potencial biótico, per-

mitiendo su supervivencia y diseminación en áreas geográficas consideradas de bajo riesgo<sup>16</sup>.

En las regiones cercanas a la zona ecuatorial, como la región sur sureste de México, las altas temperaturas y la humedad constante, favorece el desarrollo y permanencia de larvas infectantes de NGI en las pasturas durante todo el año<sup>28</sup>. Por otro lado, las regiones frías y áridas, cuentan con condiciones ambientales extremas, que restringen el desarrollo de NGI de forma anual, de esta forma, el riesgo disminuye a medida que aumenta la latitud. Los casos de nematodiasis en estas regiones, son de importancia menor debido a que las condiciones favorables para su desarrollo son breves, evitando su supervivencia por períodos prolongados<sup>29</sup>.

Las pérdidas económicas asociadas a las nematodiasis, varían entre regiones y temporadas del año, dependiendo de las condiciones medio ambientales, así como de la eficiencia de las medidas de control de parásitos implementadas en las UP. El impacto económico puede ser directo, provocando la muerte de los animales, o indirecto, impactando negativamente en los parámetros productivos o reproductivos, como ganancia de peso, conversión alimenticia y fertilidad<sup>16</sup>. El impacto económico en las UP, a menudo es exacerbado, por una deficiente alimentación de los animales y la creciente resistencia a fármacos<sup>30</sup>.

El uso de AH comerciales altamente efectivos, recomendados para el control de parásitos, tuvo como objetivo maximizar la salud, productividad y rentabilidad del rebaño, y aunque fue exitoso por varios años, hoy en día se experimentan niveles cada vez mayores de resistencia, que se han generalizado en diferentes regiones de México principalmente por la movilización del ganado<sup>19</sup>.

**Resistencia de NGI en ovinos.** Las enfermedades causadas por nematodos en las UP ovinas, se asocian a diversas complicaciones clínicas a largo plazo, las infecciones pueden ocurrir en cualquier zona del

cuerpo, dependiendo del órgano blanco, en el caso de los NGI afectan diversos órganos del tracto gastrointestinal<sup>30</sup>.

La eficacia de los AH disponibles, se ve limitada por factores de índole evolutivo, ecológico y de alimentación, de esta manera, la disponibilidad y uso de AH se ve restringida, y amenazada por el aumento de la resistencia a fármacos en las poblaciones de nematodos<sup>31</sup>. De forma rutinaria se administra tres clases de AH en las UP, frente a las infecciones por nematodos: benzimidazoles (BZ) (mebendazol, fenbendazol y albendazol), lactonas macrocíclicas (LM) (ivermectina y moxidectina) y derivados del imidazotiazoles (IMZ) (levamisol)<sup>8</sup>, frente a los cuales, se han reportado en estudios previos, que existe una disminución de su eficacia, Vilaboa-Arroniz et al.<sup>32</sup> mencionaron, que la introducción de ovinos Pelibuey y sus cruzas con Dorper y Kathadin mejoran parámetros productivos, sin embargo incrementan su susceptibilidad a NGI, originando el uso frecuente de AH de origen químicos en la región sur sureste de México.

Gonzales-Garduño et al.<sup>20</sup> al evaluar la eficacia *in vitro* e *in vivo* de albendazol, levamisol e ivermectina, los tres principales AH usados en el control de NGI en ovinos, observaron que levamisol presentó 30 % de eficacia frente a una cepa monoespecífica de *H. contortus*, por otro lado, una mezcla de albendazol + levamisol, presentó una eficacia del 65 % e ivermectina del 87 % de eficacia. Esta pérdida de la eficacia, evidencia el grado de resistencia, que ha generado de forma gradual a diferentes fármacos, disminuyendo los recursos terapéuticos para el control de parásitos. Los nematodos, poseen características biológicas y genéticas que favorecen el desarrollo de poblaciones RA como: ciclos de vida cortos, alta tasa de reproducción, alta tasa de evolución y tamaños de población extremadamente altas, produciendo mutaciones genéticas generacionales<sup>33</sup>.

La aparición gradual de la resistencia, ocurre dentro

de una población en respuesta a una exposición química ejerciendo presión selectiva, matando a los parásitos susceptibles, pero permitiendo sobrevivir otros con un grado de resistencia. No obstante, la velocidad y alcance de la resistencia está influenciado

por otros factores, como la intensidad de uso de fármacos de una sola familia, la sub o sobre dosificación, la nula gestión en procesamiento de las heces animales, así como, la regulación gubernamental en la venta fármacos AH<sup>34</sup>.

**Tabla 1 Casos de resistencia antihelmíntica distribuida en México**

Lugar	Antihelmíntico	Géneros	Autor
Yucatán	Bencimidazoles Levamisol	<i>Haemonchus</i> spp. <i>Trichostrongylus</i> spp. <i>Oesophagostomum</i> spp.	<sup>35</sup>
Huimanguillo, Tabasco	Bencimidazoles	<i>Haemonchus</i> spp. <i>Ostertagia</i> spp. <i>Oesophagostomum</i> spp.	<sup>36</sup>
Campeche	Bencimidazoles Lactonas macrocíclicas	<i>Trichostrongylus</i>	<sup>37</sup>
Chiapas	Albendazol Levamisol Ivermectina	<i>Haemonchus contortus</i> <i>Cooperia curticei</i>	<sup>38</sup>
Veracruz	Levamisol	<i>Cooperia</i> spp. <i>Haemonchus</i> spp. <i>Ostertagia</i> spp. <i>Oesophagostomum</i> spp.	<sup>39</sup>
Campeche	Ivermectina Albendazol Levamisol	<i>Cooperia</i> spp. <i>Haemonchus</i> spp. <i>Oesophagostomum</i> spp.	<sup>40</sup>
Texcoco Puebla Morelos	Albendazol Closantel	<i>Cooperia</i> spp. <i>Haemonchus</i> spp. <i>Teladorsagia</i> spp. <i>Oesophagostomum</i> spp. <i>Trichostrongylus</i> spp. <i>Chabertia</i> spp. <i>Nematodirus</i>	<sup>41</sup>
Tabasco	Bencimidazoles Imidazoles Lactonas macrocíclicas	<i>Haemonchus</i> spp. <i>Trichostrongylus</i> spp. <i>Oesophagostomum</i> spp.	<sup>42</sup>
Estado de México	Albendazol Ivermectina	<i>Cooperia</i> spp. <i>Trichostrongylus colubriformis</i> <i>Haemonchus</i> spp.	<sup>43</sup>
Huasteca Potosina	Lactonas macrocíclicas Bencimidazoles Imidazotiazol	<i>Haemonchus</i> spp. <i>Trichostrongylus</i> spp. <i>Oesophagostomum</i> spp. <i>Cooperia</i> spp.	<sup>44</sup>

En la Tabla 1, se presenta casos de RA en México, y se puede apreciar su distribución en las regiones norte, centro y sur del país, considerando un periodo entre 2003 y 2009, destacando que el grupo de AH mayormente aplicados a lo largo del país, pertenecen al grupo de las LM, BZ y, en menor proporción el clorhidrato de levamisol. En cuanto a los géneros de mayor prevalencia destacan, *Haemonchus* spp., *Cooperia* spp., *Oesophagostomum* spp., y *Trichostrongylus* spp. Los géneros de menor presencia con

respecto a la distribución geográfica fueron, *Teladorsagia* spp., *Chabertia* spp., *Ostertagia* spp., y *Nematodirus* spp.

*Mecanismos involucrados en el desarrollo de resistencia a antihelmínticos.* Están involucrados una serie de elementos, como aumento en la producción de enzimas hidrolíticas, modificación del sitio activo, disminución en la permeabilidad de la membrana y aumento en las bombas de reflujo<sup>45</sup>.

Los BZ, son los primeros modelos estudiados, con

respecto a resistencia, estos AH son un grupo de fármacos de amplio espectro utilizados tanto en humanos, como en animales, especialmente en pequeños rumiantes por aproximadamente 40 años<sup>46</sup>.

La manifestación de resistencia frente a este grupo de fármacos, está ligada con los cambios en el gen que codifica al receptor blanco ( $\beta$ -tubulina). Estos, actúan ligándose a la tubulina de los nematodos, alterando el equilibrio de los microtúbulos y causando su despolimerización, por lo tanto, la inmovilización y muerte del helmito<sup>30</sup>.

En la investigación realizada por Chaudry et al.<sup>46</sup>, determinaron la diversidad de mutaciones de resistencia a la  $\beta$ -tubulina, BZ del isotipo 1, la estructura genética de *H. contortus* de ovinos y *Haemonchus placei* de bovinos del sur de los Estados Unidos, se observó un bajo nivel de diferenciación genética en 6 poblaciones de *H. placei* y 7 de *H. contortus* analizadas, lo que permitió inferir que existe un alto flujo de genes entre las poblaciones de parásitos. Al parecer las variaciones en las secuencias del ADN difieren a nivel de especie en los nematodos. De esta manera, se hace más compleja la caracterización de marcadores genéticos para diferir entre las especies genéticamente cercanas, un ejemplo de ello es el descripto del codón 167 en *Trichostrongylus circumcincta* y no en *T. colubriformis* resistente<sup>47</sup>.

Se ha señalado, que los codones de aminoácidos (167, 198 y 200) son residuos importantes en la bolsa de unión del BZ, y se ha comprobado funcionalmente su efecto sobre la sensibilidad a fármacos<sup>48</sup>.

Los IMZ por su parte, actúan como agonistas colinérgicos a nivel de receptores nicotínicos de acetilcolina de las uniones neuromusculares de los nematodos causando la despolarización y parálisis espástica. Las mutaciones que confieren la resistencia a los parásitos esta mediada a partir de la desaparición de receptores para acetilcolina, aunque los mecanismos fisi-

lógicos y la formación de polimorfismos es posible que se diferencien entre los parásitos resistentes<sup>49</sup>.

Se han reportado cepas de *H. contortus* y *T. colubriformis* resistentes al levamisol, morantel y pirantel, que, aunque son fármacos diferentes, poseen el mismo mecanismo de acción sobre helmintos susceptibles<sup>50</sup>. En este sentido, Martin et al.<sup>51</sup> sugirieron, que la función normal del receptor a levamisol está modificada, es decir, los canales activos de los nematodos resistentes permanecen un menor tiempo abiertos y así, se produce una menor despolarización y consecuentemente una menor contracción.

La resistencia a levamisol, está ampliamente distribuida en el mundo y representa un serio problema que limita el tratamiento de los helmintos. No obstante, la resistencia a este fármaco es de difícil presencia en nematodos como *H. contortus*, pero común en *T. colubriformis* y *Oesophagostomum* spp. Por lo tanto, la lenta diseminación de resistencia en parásitos como *H. contortus* puede explicarse por el carácter autosómico completamente recesivo, y posiblemente determinado por más de un gen<sup>52</sup>.

Becerra-Nava et al.<sup>39</sup> señalaron, que el porcentaje de UP con NGI resistentes a levamisol en el estado de Veracruz fue del 34 %, solo 3 UP presentaron poblaciones de NGI susceptibles a levamisol. Los géneros presentes que exhibieron resistencia al fármaco fueron *Cooperia* spp., el género más resistente, seguido de *Haemonchus* spp., *Ostertagia* spp., y *Oesophagostomum* spp. Con el paso de los años se desarrollaron nuevos fármacos que permitieron controlar las helmintiasis y sustituyeron a los fármacos que habían perdido su efectividad, con ello, llegaron las LM<sup>53</sup>. Las LM son agonistas de alta afinidad sobre los receptores de glutamato, asociados a los canales de cloro y receptores GABA (Ácido  $\gamma$ -aminobutírico), atenuando su actividad. Esto causa una concentración de iones cloro, hiperpolarización de la neurona

del nematodo y por lo tanto ocasiona la parálisis del parásito<sup>31</sup>.

Los canales de cloro están compuestos por 5 subunidades proteicas, 3 subunidades a, b y c se combinan para formar el pentámero. Los receptores GluCl están localizados mayoritariamente en células musculares somáticas, bomba faríngea y útero, por lo que la exposición del parásito blanco a las LM afecta la motilidad, la capacidad de alimentación y fecundidad<sup>54</sup>.

Al parecer la resistencia estaría asociada a mutaciones de 2 subunidades del canal de cloro en el parásito resistente, aunque en una misma especie como *H. contortus* se han reportado diferencias entre el polimorfismo<sup>55</sup>. Algunos autores, han descrito el rol del receptor GluCl en el desarrollo de resistencia a LM<sup>44</sup>. Como regla general, los fármacos de larga acción, son los que presentan mayor posibilidad de seleccionar para resistencia que aquellos de corta acción, al igual que lo hacen los fármacos más eficaces, debido a que, durante la fase de eliminación, los parásitos se ven expuestos a una disminución gradual de las concentraciones alcanzadas por la droga en persistencia, lo que permitiría el establecimiento de las larvas infectivas resistentes, mientras que se van eliminando las larvas susceptibles<sup>53</sup>.

En la actualidad, el uso de AH sigue siendo un pilar importante en el control de parásitos, debido a su practicidad, no obstante, es imperativo que su frecuencia de uso tenga una disminución en las UP. Para lograr la disminución en el uso frecuente de AH, es importante considerar que el fármaco puede variar en función de la categoría de animales a tratar, las especies de parásitos involucradas, época del año, presencia o no de refugio, toxicidad, residuos de los fármacos y la susceptibilidad o resistencia a los mismos en cada región geográfica<sup>56</sup>.

Desde el punto de vista ecotoxicológico, todos los fármacos representan un riesgo de contaminación

para los organismos no objetivo. Los AH en la actualidad, no están exentos de los riesgos asociados con su presencia y circulación en el medio ambiente. Por lo tanto, es necesario hacer hincapé en el impacto negativo que gira entorno a la terapia con antihelmínticos<sup>30</sup>.

## Conclusión

La RA, es una problemática que se agravo en la última década a nivel mundial, debido a la falta de desarrollo tecnológico, que no ha logrado la disminución del uso de fármacos en el control de las nematodiasis en ovinos. La presente revisión permite dimensionar la situación actual que atraviesa México respecto a la distribución de casos de RA en NGI de diferentes regiones geográficas del país.

La implementación de la estrategia de control químico, parecía haber resuelto muchos de los problemas asociados con el control de NGI en las UP, empleando AH de amplio espectro como derivados del BZ, LM e IMZ, que durante las primeras décadas de uso tuvieron un efecto notable en el control de parasitosis. Sin embargo, en los últimos 10 años han resurgido de forma gradual, los problemas asociados con NGI, pero ahora con resistencia a fármacos usados años atrás. Como consecuencia, la resistencia desarrollada mediante mecanismos genético-evolutivos permite la supervivencia de NGI que generan un impacto negativo en la producción animal, la rentabilidad de las UP, la seguridad alimentaria y el medioambiente.

Las parasitosis causadas por NGI resistentes a AH en UP ovinas, se encuentran distribuidas en gran parte del territorio mexicano, con mayor presencia en la región sur sureste de México, debido a las condiciones ambientales favorables de la región (humedad y temperatura). Los géneros que se reportan con mayor prevalencia son, *Haemonchus* spp., *Cooperia* spp.,

*Oesophagostomum* spp., y *Trichostrongylus* spp., y con menor prevalencia; *Teladorsagia* spp., *Chabertia* spp., *Ostertagia* spp., y *Nematodirus* spp.

Actualmente en México y en el mundo el control integrado de parásitos debe ser la estrategia de elección para controlar las infecciones causadas por NGI, limitar el desarrollo de resistencia, evitar la circulación de antihelmínticos que causen un daño a organismos no objetivo, favorecer la producción animal y garantizar la seguridad alimentaria.

### Fuente de financiamiento

Este estudio fue financiado por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

### Conflictos de intereses

El manuscrito fue preparado, revisado con la participación de los autores, quienes declaran que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

### Consideraciones éticas

La investigación cumplió con las normas éticas del proceso de información.

### Aporte de los autores en el artículo

Los autores realizaron el levantamiento de la información y recopilación bibliográfica, así como revisión y redacción del artículo final.

### Limitaciones en la investigación

Los autores señalan que no hubo limitaciones en el presente trabajo de investigación.

### Literatura citada

1. Hernández-Marín JA, Valencia-Posadas M, Ruíz-Nieto JE, Mireles-Arriaga AI, Cortez-Romero C, Gallegos-Sánchez J. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. Agroproductividad 2017;10(3):87-93.
2. Vidal-Zepeda R. Las regiones climáticas de México [Internet]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2017 [citado 22 de octubre de 2022]. Recuperado a partir de: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/42>
3. Navarre CB. Epidemiology and control of gastrointestinal nematodes of cattle in southern climates. Vet Clin North Am Food Anim Pract 2020;36(1): 45-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.006>
4. Váradiová Z, Pisarcíková J, Babják M, Hodges A, Mravčáková D, Kišidayová, et al. Ovicidal and larvicultural activity of extracts from medicinal plants against *Haemonchus contortus*. Exp Parasitol 2018;195:71-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2018.10.009>
5. Zaragoza-Vera CV, Aguilar-Caballero AJ, González-Garduño R, Arjona-Jiménez G, Zaragoza-Vera M, Torres-Acosta JFJ, et al. Variation in phenotypic resistance to gastrointestinal nematodes in hair sheep in the humid tropics of Mexico. Parasitol Res 2019;118(2):567-73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-018-06201-w>
6. Alonso-Díaz MA, Arnaud-Ochoa RA, Becerra-Nava R, Torres-Acosta JF, Rodriguez-Vivas RI, Quiroz-Romero RH. Frequency of cattle farms

- with ivermectin resistant gastrointestinal nematodes in Veracruz, Mexico. Vet Parasitol 2015;212 (3-4):439-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.07.023>
7. Cristel SL, Suarez VH. Resistencia antihelmínica: evaluación de la prueba de reducción del conteo de huevos. Rev Investig Agropecu 2006;35(3): 29-43.
  8. Geary TG, Sakanari JA, Caffrey CR. Anthelmintic drug discovery: into the future. J Parasitol 2015; 101(2):125-33. DOI: <https://doi.org/10.1645/14-703.1>
  9. Sangster NC, Gill J. Pharmacology of anthelminthic resistance. Parasitol Today 1999;15(4):141-6. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(99\)01413-1](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(99)01413-1)
  10. Serrano-Aguilera FJ, Frontera-Carrión EM, Gómez-Nieto LC, Martínez-Estélez MAH, Pérez-Martin JE. Manual práctico de parasitología veterinaria [Internet]. Badajoz: Universidad de Extremadura; 2010 [citado 02 de octubre de 2022]. 116 p. Recuperado a partir de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=678331>
  11. Silva-Soares SC, de Lima GC, Carlos Laurentiz A, Féboli A, Dos Anjos LA, de Paula Carlis MS, et al. *In vitro* anthelmintic activity of grape pomace extract against gastrointestinal nematodes of naturally infected sheep. Int J Vet Med 2018;6(2):243-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.11.005>
  12. Montalvo-Aguilar X, López Arellano ME, Vázquez-Prats V, Liébano Hernández E, Mendoza de Gives P. Ivermectin and fenbendazol anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes from naturally infected sheep in northern Tlaxcala, México. Téc Pecu Méx 2006;44(1):81-90.
  13. Partida de la Peña JA, Braña Varela D, Jiménez Severino F, Ríos Rincón FG, Buendía Rodríguez G. Producción de carne ovina [Internet]. Ajuchitlán: Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal; 2013 [citado 20 de octubre de 2022]. 116 p. Recuperado a partir de: <https://es.scribd.com/document/227788370/SAGARPA-InIFAP-Manual-Produccion-de-Carne-Ovina>
  14. Molento MB, Fortes FS, Pondelek DA, Borges Fde A, Chagas AC, Torres-Acosta JF, et al. Challenges of nematode control in ruminants: focus on Latin America. Vet Parasitol 2011;180(1-2):126-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.033>
  15. Roeber F, Jex AR, Campbell AJ, Campbell BE, Anderson GA, Gasser RB. Evaluation and application of a molecular method to assess the composition of Strongylid nematode populations in sheep with naturally acquired infections. Infect Genet Evol 2011;11(5):849-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.01.013>
  16. Besier RB, Kahn LP, Sargison ND, Van Wyk JA. The Pathophysiology, ecology and epidemiology of *Haemonchus contortus* infection in small ruminants. Adv Parasitol 2016;93: 95-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.02.022>
  17. Aguilar-Marcelino L, Mendoza-de-Gives P, Al-Ani LKT, López-Arellano ME, Gómez-Rodríguez O, Villar-Luna E, et al. Using molecular techniques applied to beneficial microorganisms as biotechnological tools for controlling agricultural plant pathogens and pest. In: Sharma V, Salwan R, Al-Ani LKT, editors. Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture. Massachusetts: Academic Press; 2020. p. 333-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818469-1.00027-4>
  18. Kaplan RM. Biology, epidemiology, diagnosis, and management of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of livestock. Vet Clin

- North Am Food Anim Pract 2020;36(1):17-30.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.12.001>
19. Charlier J, Höglund J, Morgan ER, Geldhof P, Vercruyse J, Claerebout E. Biology and epidemiology of gastrointestinal nematodes in cattle. Vet Clin North Am Food Anim Pract 2020;36(1):1-15.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.001>
20. González Garduño R, Córdova Pérez C, Torres Hernández G, Mendoza de Gives P, Arece García J. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. Vet. Méx 2011;42(2):125-35.
21. López-Ruvalcaba OA, González-Garduño R, Osorio-Arce MM, Aranda-Ibáñez E, Díaz-Rivera P. Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. Rev Mex Cienc Pecu 2013;4(2):223-34.
22. Hernández-Rojas S, Gutiérrez-Segura I, Olivares Pérez J, Valencia Almazán MT. Prevalencia de nemátodos gastrointestinales en ovinos en pastoreo en la parte alta del MPIO. De Cuetzala del Progreso, Guerrero-Méjico. Rev Electrón Vet 2007;8(9):1-7.
23. Medina P, Guevara F, La M, Ojeda N, Reyes E. Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nemátodos gastrointestinales. Pastos y Forrajes 2018;37(3):257-63.
24. León-Frías JM, Alvares Cárdenas S (dir). Identificación de endoparásitos del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) y de la cabra doméstica (*Capra hircus*) en zonas borregueras de Baja California Sur, mediante copromicroscopía [tesis maestría]. [Baja California Sur]: Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste; 2014 [citado el 11 de diciembre 2022]. Recuperado de: <https://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/433>
25. George-Sánchez S, Quiróz-Romero H. Frecuencia de parásitos gastrointestinales, pulmonares y hepáticos en ovinos de la Magdalena Soltepec, Tlaxcala, México. Vet Mex 1993;24(3):195-8.
26. Soca M, Roque E, Soca M. Epizootiology of gastrointestinal nematodes in young bovines. Pastos y Forrajes 2005;28(3):175-85.
27. Greer AW, Van Wyk JA, Hamie JC, Byaruhangwa C, Kenyon F. Refugia-based strategies for parasite control in livestock. Vet Clin North Am Food Anim 2020;36(1):31-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.003>
28. Dorny P, Symoens C, Jalila A, Vercruyse J, Sani R. Strongyle infections in sheep and goats under the traditional husbandry system in peninsular Malaysia. Vet Parasitol 1995;56(1-3):121-36. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)00657-x](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)00657-x)
29. Rinaldi L, Catelan D, Musella V, Cecconi L, Hertzberg H, Torgerson PR, et al. *Haemonchus contortus*: spatial risk distribution for infection in sheep in Europe. Geospat Health 2015;9(2):325-31. DOI: <https://doi.org/10.4081/gh.2015.355>
30. Zajíčková M, Nguyen LT, Skálová Stuchlíková L, Matoušková P. Anthelmintics in the future: current trends in the discovery and development of new drugs against gastrointestinal nematodes. Drug Discov Today 2020;25(2):430-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2019.12.007>
31. Kotze AC, Prichard RK. Anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus*. History, mechanisms and diagnosis. Adv Parasitol 2016;93:397-428. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.02.012>
32. Vilaboa Arroniz J, Bozzi R, Díaz Rivera P, Bazzi L. Conformación corporal de las razas ovinas Peñibuey, Dorper y Kathadin en el estado de Veracruz, México. Zootecnia Trop 2010;28(3):321-8.
33. Sargison ND. Keys to solving health problems in small ruminants: Anthelmintic resistance as a

- threat to sustainable nematode control. Small Rum Res 2016;142:11-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.02.021>
34. Organización Mundial de Sanidad Animal. Uso responsable y prudente de los fármacos antihelmínticos para contribuir al control de la resistencia a antihelmínticos en las especies ganaderas herbívoras [Internet]. Paris: Organización Mundial de Sanidad Animal; 2020 [citado 22 de julio de 2022]. 40 p. Recuperado a partir de: [https://bulletin.woah.org/?officiel=08-1-3-2022-1\\_anthelminthic&lang=es](https://bulletin.woah.org/?officiel=08-1-3-2022-1_anthelminthic&lang=es)
35. Torres-Acosta JF, Villarroel-Álvarez MS, Rodríguez-Arévalo F, Gutiérrez-Segura I, Alonso-Díaz MÁ. Diagnóstico de nemátodos gastro-intestinales resistentes a bencimidazoles e imidazotiazoles en un rebaño caprino de Yucatán, México. Rev Biomédica 2003;14(2):75-81. DOI: <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v14i2.344>
36. González-Garduño R, Torres-Hernández G, Nuncio-Ochoa MGJ, Cuéllar-Ordaz JA, Zermeño-García ME. Detection of anthelmintic efficiency in nematodes of hair sheep using the faecal egg reduction test. Livest. Res Rural Dev [Internet]. 2003 [citado 5 de octubre de 2022];15:88. Recuperado a partir de: <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd15/12/gonza1512.htm>
37. Torres-Vásquez P, Prada-Sanmiguel GA, Márquez-Lara D. Resistencia antihelmíntica en los nemátodos gastrointestinales del bovino. Rev Med Vet 2007;(13):59-76.
38. González-Garduño R, López-Arellano ME, Ojeda-Robertos N, Liébano-Hernández E, Mendoza-de Gives P. Diagnóstico in vitro y en campo de resistencia antihelmíntica en nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes. Arch Med Vet 2014;46(3):399-405. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2014000300008>
39. Becerra-Nava R, Alonso-Díaz MA, Fernández-Salas A, Quiroz RH. First report of cattle farms with gastrointestinal nematodes resistant to levamisole in Mexico. Vet Parasitol 2014;204(3-4):285-90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.04.019>
40. Muñiz-Lagunes A, González-Garduño R, López-Arellano ME, Ramírez-Valverde R, Ruiz-Flores A, García-Muñiz G, et al. Anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes from grazing beef cattle in Campeche State, México. Trop Anim Health Prod 2015;47(6):1049-54. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0826-3>
41. Alcalá-Canto Y, Ocampo-Camberos L, Sumanolópez H, Gutiérrez-Olvera L, Tapia-Pérez G. Anthelmintic resistance status of gastrointestinal nematodes of sheep to the single or combined administration of benzimidazoles and closantel in three localities in Mexico. Veterinaria México OA 2016;3(4):2-11. DOI: <https://doi.org/10.21753/vmoa.3.4.374>
42. Herrera-Manzanilla FA, Ojeda-Robertos NF, González-Garduño R, Cámara-Sarmiento R, Torres-Acosta JF. Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. Vet Parasitol Reg Stud Reports 2017;9:29-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.04.007>
43. Mondragón-Ancelmo J, Olmedo-Juárez A, Reyes-Guerrero DE, Ramírez-Vargas G, Ariza-Román AE, López-Arellano ME, et al. Detection of gastro-intestinal nematode populations resistant to albendazole and ivermectin in sheep. Animals 2019;9(10):775. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9100775>
44. Santiago-Figueroa I, Lara-Bueno A, González-Garduño R, López-Arellano ME, de la Rosa-Arana JL, Maldonado-Simán EJ. Anthelmintic re-

- sistance in hair sheep farms in a sub-humid tropical climate, in the Huasteca Potosina, Mexi-co. Vet Parasitol Reg Stud Reports 2019;17: 100292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2019.100292>
45. Moreno MC, González ER, Beltrán C. Mecanismos de resistencia antimicrobiana en patógenos respiratorios. Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello 2009;69(2):185-92. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-48162009000200014>
46. Chaudhry U, Redman EM, Kaplan R, Yazwinski T, Sargison N, Gilleard JS. Contrasting patterns of isotype-1  $\beta$ -tubulin allelic diversity in *Haemonchus contortus* and *Haemonchus placei* in the southern USA are consistent with a model of localized emergence of benzimidazole resistance. Vet Parasitol 2020;286:109240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109240>
47. Silvestre A, Cabaret J. Mutation in position 167 of isotype 1  $\beta$ -tubulin gene of *Trichostrongylid* nematodes: ¿Role in benzimidazole resistance? Mol Biochem Parasitol 2002;120(2):297-300. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-6851\(01\)00455-8](https://doi.org/10.1016/S0166-6851(01)00455-8)
48. Avramenko RW, Redman EM, Melville L, Bartley Y, Wit J, Queiroz C, et al. Deep amplicon sequencing as a powerful new tool to screen for sequence polymorphisms associated with anthelmintic resistance in parasitic nematode populations. Int J Parasitol 2019;49(1):13-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.10.005>
49. Matthews JB. Anthelmintic resistance in equine nematodes. Int J Parasitol Drugs Drug Resist 2014;4(3):310-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2014.10.003>
50. Dirección de Producción y Salud Animal. Resistencia a los Antiparasitarios: Estado Actual con Énfasis en América Latina [Internet]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 2003 [citado 12 de octubre de 2022]. 56 p. Recuperado a partir de: <http://www.fao.org/3/y4813s/y4813s.pdf>
51. Martin F, Dube F, Karlsson Lindsjö O, Eydal M, Höglund J, Bergström TF, et al. Transcriptional responses in *Parascaris univalens* after *in vitro* exposure to ivermectin, pyrantel citrate and thiabendazole. Parasit Vectors 2020;13(1):342. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04212-0>
52. Dorny P, Claerebout E, Vercruyse J, Sani R, Jalila A. Anthelmintic resistance in goats in peninsular Malaysia. Vet Parasitol 1994;55(4): 327-42. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90073-6](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90073-6)
53. Barone CD, Wit J, Hoberg EP, Gilleard JS, Zarlenaga DS. Wild ruminants as reservoirs of domestic livestock gastrointestinal nematodes. Vet Parasitol 2020;279:109041. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109041>
54. Redman E, Queiroz C, Bartley DJ, Levy M, Avramenko RW, Gilleard JS. Validation of ITS-2 rDNA nemabiome sequencing for ovine gastrointestinal nematodes and its application to a large-scale survey of UK sheep farms. Vet Parasitol 2019;275: 108933. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.108933>
55. Suárez VH, Olaechea F, Rossanigo CE, Romero JR, Rossanigo CE, editores. Enfermedades parasitarias de los ovinos y otros rumiantes meno-res en el cono sur de América [Internet]. La Pampa: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; 2019. 297 p. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5061.5280>
56. Anziani OS, Fiel CA. Resistencia a los antihelmínticos en nematodos que parasitan a los rumiantes en la argentina. Rev Investig Agropecu 2015;41(1):34-46.

**Nota del Editor:** *Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAS)*. Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.