



# Verminosis pulmonar en pequeños rumiantes, descripción de la enfermedad, prevención, control y tratamiento

## Pulmonary verminosis in small ruminants, description of the disease, prevention, control and treatment

Midori Hernández-Serratos, Víctor Díaz-Sánchez\*

### RESUMEN

La verminosis pulmonar en ovinos y caprinos es una de las parasitosis más importantes que afectan a ambas especies. Es causada por los nematodos *Dictyocaulus filaria*, *Protostrongylus rufescens* y *Muellerius capillaris*. El objetivo de este trabajo fue presentar información reciente sobre verminosis en ovinos y caprinos. Su patogenicidad depende de la cantidad de larvas presentes y su ubicación en el parenquima pulmonar, lo que puede provocar una bronconeumonía, que en ocasiones es mortal. La enfermedad puede ser clínica o subclínica, con signos como tos, taquipnea, secreción nasal y retraso en el crecimiento. El diagnóstico se puede realizar mediante detección de larvas del primer estadio (L1) en heces, utilizando la técnica de Baermann. Para el tratamiento se pueden utilizar benzimidazoles, lactonas macrocíclicas e imidazotiazoles. A pesar de la poca importancia que se le suele dar como verminosis pulmonar, puede provocar afectación a los parámetros productivos y disminuir la ganancia de peso, así como, predisponer a bronconeumonías secundarias, afectando la rentabilidad de las unidades de producción.

**PALABRAS CLAVE:** verminosis pulmonar, pequeños rumiantes, nematodos pulmonares.

### ABSTRACT

Pulmonary verminosis is one of the most important parasites affecting sheep and goats. It is caused by *Dictyocaulus filaria*, *Protostrongylus rufescens* and *Muellerius capillaris* nematodes. The objective of this work was to present recent information on verminosis in sheep and goats. Its pathogenicity depends on the number of larvae and their location in the lung parenchyma, which can cause bronchopneumonia, sometimes fatal. The disease can be clinical or subclinical, with signs such as cough, tachypnea, runny nose, and growth retardation. Diagnosis can be made by detecting first-stage larvae (L1) in feces, using the Baermann technique. Benzimidazoles, macrocyclic lactones and imidazothiazoles can be used for treatment. Despite the little importance that is usually given to the disease, it can affect production parameters, and decrease weight gain, as well as predispose to secondary bronchopneumonia, affecting the profitability of production units.

**KEYWORDS:** pulmonary verminosis, small ruminants, lungworms.

\*Correspondencia: victordiaz@cuautitlan.unam.mx/ Fecha de recepción: 11 de noviembre de 2021/ Fecha de aceptación: 20 de mayo de 2022/ Fecha de publicación: 21 de julio de 2022.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Medicina Veterinaria y Zootecnia, carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, C. P. 54715.

## INTRODUCCIÓN

La parasitosis es una de las enfermedades con alta tasa de morbilidad que pueden presentar los ovinos y caprinos. Representa una grave amenaza para la salud de los rebaños, además de limitar su productividad (Rahman y col., 2017). Los endoparásitos son uno de los principales factores responsables de la disminución del nivel de producción, por lo que representan pérdidas económicas en las unidades de producción, tanto por bajas en el rendimiento como por costos de tratamiento y prevención. Por ejemplo, en Australia, los endoparásitos son la segunda enfermedad económicamente más dañina que afecta la producción ovina, con un costo anual estimado de \$ 436 millones de dólares australianos (Preston y col., 2019).

La helmintiasis constituye una de las limitaciones más importantes para la producción de ovinos y caprinos (Kadi y col., 2017). Esta incluye a nematodos gastrointestinales y pulmonares (Claerebout y Geldhof, 2020). La neumonía verminosa es definida como una afección crónica de ovejas y cabras causada por nematodos parásitos; caracterizada clínicamente por dificultad respiratoria, produciendo bronquitis, neumonía o ambas (Oyda y Mekuria, 2018). También se le conoce como bronquitis vermínica o nematodiasis pulmonar (Cuéllar, 2015). En Etiopía se reportan pérdidas anuales por \$ 11 059 612.66 debido a nematodiasis pulmonar en ovinos y caprinos (Mulate y Mamo, 2016; Habte y Simeneh, 2019).

El objetivo de este trabajo fue presentar información actual sobre el estatus de la verminosis pulmonar, su patogenia, respuesta inmune, diagnóstico, control y prevención, así como su tratamiento.

### Etiología

Los agentes etiológicos causantes de neumonía verminosa en ovinos y caprinos son *Dictyocaulus filaria*, *Protostrongylus rufescens* y *Muellerius capillaris* (Mokhtaria y col., 2014; Alemneh, 2015; Oyda y Mekuria, 2018; Zafra y García, 2019). Estos nematodos se caracterizan por colonizar el tracto respiratorio inferior

del ganado ovino y caprino. Causan alta morbilidad pero baja mortalidad, por ejemplo, en Etiopía durante el periodo de 1982 a 1986, se observó una mortalidad menor al 2 % debido a estos nematodos pulmonares (Njau y col., 1988; Cuéllar, 2015; Asmare y col., 2018; Tenaw y Jemberu, 2018; Hanks y col., 2021).

### Ciclo biológico

Los nematodos pulmonares de los rumiantes domésticos tienen dos formas de ciclo de vida: directo e indirecto, el cual es específico para cada especie. La familia *Dictyocaulidae* sigue el ciclo directo. La hembra de *D. filaria* vive en la tráquea y los bronquios, produciendo huevos embrionados, que son tosidos o tragados, y que eclosionarán en el tracto digestivo, para pasar por cuatro estadios larvarios (L1, L2, L3 y L4) antes de alcanzar el estado adulto. Usualmente se encontrarán larvas en estadio L1 en heces frescas de animales infectados. En condiciones favorables estas L1 se desarrollarán a las larvas infectantes (L3) en menos de una semana. La infección es por ingestión de las L3, las que posteriormente penetrarán la pared intestinal y migrarán a través de los nódulos linfáticos mesentéricos, donde mudarán al primer estadio endoparásito o L4, las cuales viajarán a través de la linfa y la sangre hacia el pulmón, llegando a los capilares de los alvéolos, aproximadamente una semana después de la ingestión. La muda final ocurrirá en los bronquiolos, aproximadamente 4 semanas después de la infección, para posteriormente llegar a los bronquios donde maduran. Así, el período prepatente de *D. filaria* es de 5 semanas (Panuska, 2006; Hailu, 2019).

La familia *Protostrongylidae* (ej. *P. rufescens* y *M. capillaris*) presenta un ciclo de vida indirecto. Los primeros dos estadios larvarios tienen lugar en un primer hospedero intermediario (HI), caracoles de los géneros *Monacha* spp, *Cochicella* spp, *Cermuella* spp, *Helicella* spp, *Helix* spp, *Theba* spp, *Abida* spp, *Zebriana* spp, *Succinea* spp y babosas del género *Limax* spp, *Agriolimax* spp, y la infección del hospedador definitivo es por ingestión de estos moluscos (López y col., 2013; Bowman, 2014;

Yagoob y col., 2014; Cuéllar, 2015; Adem, 2016; Kuchboev y col., 2016; Engdawork, 2019; Hailu, 2019). Los adultos de *M. capillaris* son ovovíparos y ponen huevos que eclosionan en L1, y estas larvas migrarán de los nódulos linfáticos a las vías respiratorias. Posteriormente, serán expulsadas a través de las secreciones respiratorias, o tragadas y expulsadas en heces después de su paso por el tracto digestivo (Pugh y col., 2020). Una vez en el ambiente, la L1 deberá encontrar un HI. Suelen penetrar el pie de los moluscos, donde evolucionan a L3 en un período de 2 a 3 semanas. Los ovinos o caprinos se infectan al ingerir durante el pastoreo los caracoles o babosas contaminados con L3. Las larvas pasarán a través de la pared intestinal y migrarán hacia los pulmones, en donde penetrarán los espacios alveolares e inducirán la formación de nódulos granulomatosos. Durante el período de prepatencia (3 a 5 semanas a algunos meses) la L3 se convierte en L4 y luego en adultos con dimorfismo sexual, para reproducirse y poner huevos, cerrando de esta forma el ciclo de vida (Jabbar y col., 2013; Suarez y col., 2014; Cuéllar, 2015; Engdawork, 2019; Hailu, 2019; de Macedo y col., 2020).

### Epidemiología

*D. filaria*, *P. rufescens* y *M. capillaris* están ampliamente distribuidos en todo el mundo. Son particularmente comunes en países con climas templados, en tierras altas de países tropicales y subtropicales (Adem, 2016). En México, se ha reportado su presencia en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Nahed-Toral y col., 2003; Quiroz y col., 2011).

La infección en ovinos y caprinos varía según las características geográficas y climáticas del área (Bekele y Shibbiru, 2017). La presencia de HI, condiciones ecológicas favorables como lluvia, humedad y temperatura son importantes para el desarrollo y supervivencia de estos nematodos (Hailu, 2019; Samadi y col., 2019). Se han reportado prevalencias de

58.4 % en el norte de Grecia, 54.16 % en el centro de Etiopía, 43.5 % en el norte de Italia, 38.1 % en Bocayá, Colombia y 22 % en Argelia (Kouam y col., 2014; Mokhtaria y col., 2014; Díaz-Anaya y col., 2017; Lambertz y col., 2018; Tenaw y Jemberu, 2018; Yacob y Alemu, 2019). En México hay pocos datos al respecto, sin embargo, se reportó una tasa de 16.7 % en ovinos de Chiapas (Nahed-Toral y col., 2003).

Se ha observado que, en Norteamérica, la temporada de transmisión de *D. filaria*, es mayor en los meses de otoño e invierno (Bekele y Shibbiru, 2017); mientras que para *M. capillaris* y *P. rufescens* la temporada de transmisión se limita a las estaciones en las cuales están presentes los HI, primavera y verano (Pugh y col., 2020).

La humedad es esencial para la supervivencia y el desarrollo de las larvas, ya que están activas a temperaturas de 10 °C a 21 °C y sobreviven mejor en entornos frescos y húmedos. En condiciones óptimas, las larvas pueden persistir durante más de un año (Fentahun y col., 2012; Hailu, 2019). Se ha observado que el estadio larvario L3, de *D. filaria* es resistente al frío (Regassa y col., 2010; Asmare y col., 2018). *P. rufescens* requiere una estación cálida húmeda o lluviosa para completar su ciclo de vida, además de la presencia del HI, por lo que las estaciones secas o con poca lluvia no favorecen el desarrollo del caracol (Bekele y Shibbiru, 2017; Hailu, 2019).

*D. filaria* predomina en pequeños rumiantes, seguido de *M. capillaris* y *P. rufescens*. Esto puede atribuirse a la diferencia en los ciclos de vida, ya que *D. filaria*, al tener un ciclo directo, requiere menor tiempo para desarrollarse hasta la etapa infecciosa (Bekele y Shibbiru, 2017). Por el contrario, la transmisión de *P. rufescens* y *M. capillaris* es un evento epidemiológicamente complejo, que involucra hospedero definitivo, parásito y HI (Adiss y col., 2011; Hailu, 2019). Se ha observado que en América del Norte, *M. capillaris* se encuentra con mayor frecuencia, seguido de *D. filaria* y luego *P. rufescens* (Pugh y col., 2020). En

Etiopía, *D. filaria* fue la especie común, siendo mayor la prevalencia en ovejas que en cabras. Por el contrario, en estudios donde la presencia de *M. capillaris* y *P. rufescens* fue más elevada, la infección fue significativamente mayor en cabras que ovejas (Asmare y col., 2018). Algunos estudios han evaluado que las cabras son más susceptibles a las infecciones por protostrongílidos que las ovejas, presentándose con mayor frecuencia y menor respuesta inmune (Addis y col., 2011; López y col., 2011). Esto se atribuye a que las ovejas basan su alimentación en el pastoreo, consumiendo más larvas infectantes, por lo cual tienen mayor resistencia adquirida que las cabras, las cuales al utilizar más el ramoneo para alimentarse consumen materia no contaminada, por lo que están menos expuestas a las larvas infectantes y, por lo tanto, desarrollan menor resistencia a los parásitos que los ovinos (Asaye y Alemneh, 2015; Hailu, 2019).

En general, animales jóvenes en su primera temporada de pastoreo son más afectados, ya que los animales adultos tienen inmunidad adquirida, en los lugares donde la enfermedad es endémica (Hailu, 2019). Esto explica que, a medida que aumenta la edad de los animales, disminuye la susceptibilidad a la infección por nematodos pulmonares (Garedaghi y col., 2011; Asaye y Alemneh, 2015). Sin embargo, la inmunidad adquirida es diferente en función del nematodo parasitante, por ejemplo, se reportó que la infección por *D. filaria* fue más alta en animales jóvenes menores a un año de edad, mientras que *M. capillaris* fue más alta en animales de más de 3 años (Asaye y Alemneh, 2015). Así mismo, los animales adultos pueden ser los más infectados con *P. rufescens*, en comparación con los animales más jóvenes (Pugh y col., 2020). Lo anterior se explica debido a que el desarrollo larvario de L1 a L3 en el caracol lleva de 12 d a 14 d y el período de prepatencia es de 30 d a 60 d, esto por el tiempo que tarda en desarrollarse la fase infectante en el HI, así como a la presencia o no de las larvas en el ambiente y su relación con la época del año, lo cual podría alargar el ciclo biológico de estos parásitos, por lo tanto, la

probabilidad de infección, transmisión y reinfección por protostrongílidos sería mucho menor comparada con *D. filaria*, ya que los animales jóvenes podrían estar menos expuestos a los ciclos de vida de estos parásitos y por ende a la infección. Estos factores podrían explicar por qué los animales jóvenes tienen tasas bajas de infecciones por *P. rufescens* y *M. capillaris* (Asaye y Alemneh, 2015; Adem, 2016).

La mala condición corporal induce la falta de resistencia a la infección y contribuye a una mayor prevalencia en animales desnutridos, debido a una pobre respuesta inmune. También la pérdida de peso puede estar asociada con la infección por *D. filaria*, relacionado a la pérdida del apetito, así como a infecciones concurrentes por otros parásitos, como los helmintos gastrointestinales (Panuska, 2006; Bekele y Shibbiru, 2017). Este parásito tiene la capacidad de suprimir la inmunidad del tracto respiratorio y disminuir la ganancia de peso (Garedaghi y col., 2011; Fentahun y col., 2012; Asaye y Alemneh, 2015; Zeryehun y Degefaw, 2017). Se sabe que la malnutrición reduce la resistencia y la resiliencia en los animales, por lo que permite el establecimiento de parásitos y aumento en la prevalencia en animales con baja condición corporal (Engdawork, 2019).

Por último, a mayor carga animal podría resultar en una cantidad más elevada de larvas infectantes en los pastos, lo cual podría ser un factor de riesgo para los animales durante el pastoreo (Engdawork, 2019).

### Patogenia

La patogenicidad de los parásitos dependerá de su ubicación dentro del tracto respiratorio, el número de larvas infectantes ingeridas, el estado inmune de los animales, estado nutricional y la edad del hospedero (Bekele y Shibbiru, 2017; Asmare y col., 2018; Hailu, 2019). Aunque comúnmente es asintomática, la infección por nematodos pulmonares puede provocar lesiones graves y ocasionalmente causar neumonía mortal (Cassini y col., 2015). Así mismo, la infección primaria con parásitos pulmonares causa supresión inmunológica en

los pulmones, favoreciendo la presentación de bronconeumonías (Oyda y Mekuria, 2018).

*D. filaria* se establece en tráquea y bronquios, por lo que los huevos, larvas y desechos aspirados afectan un gran volumen de tejido pulmonar. Por lo tanto, se considera la especie más patógena, ya que ocasiona irritación en la mucosa y puede causar bronquitis/bronquiolitis y enfisema pulmonar (Harwood y Mueller, 2018; Hailu, 2019).

Las infecciones con *P. rufescens* y *M. capillaris* se asocian principalmente con desarrollo de neumonía focal, bronconeumonía crónica y neumonía intersticial (Suarez y col., 2014; Abebe y col., 2016; Hailu, 2019). Debido a que los adultos de *P. rufescens* se encuentran en bronquiolos y *M. capillaris* se encuentra en vías respiratorias pequeñas, como alvéolos y tejido subpleural; es en el parénquima pulmonar donde las larvas se enquistan en nódulos fibrosos y de diámetro pequeño, que adquieren un color grisáceo. Sin embargo, debido a que estos nódulos pueden no contener adultos de ambos sexos, los huevos fértiles no pueden depositarse en el paso del aire. A causa de esto, el número de larvas en las heces a menudo no indica el grado de infección (Coyote-Camacho y col., 2015; Oyda y Mekuria, 2018). El pulmón se ve afectado debido a la ruptura de los alveolos y las lesiones nodulares causadas por la penetración de la L4, así como, por la destrucción de septos alveolares y la formación de nódulos, ocasionados por los nematodos adultos. Por lo que, dependiendo de la abundancia de huevos, larvas y adultos, así como de la gravedad de las reacciones inflamatorias, se altera el intercambio gaseoso en el pulmón (Kuchboev y Hoberg, 2011; Quiroz y col., 2011; Bowman, 2014; Asaye y Alemneh, 2015).

Se ha sugerido que, cuando las etapas larvales de *M. capillaris* migran a través de las paredes del intestino delgado, el daño resultante puede predisponer a la enterotoxemia (Suarez y col., 2014; Hailu, 2019).

### Inmunidad contra nematodos pulmonares

Los hospederos inmunológicamente resistentes

pueden rechazar la infección a través de mecanismos de hipersensibilidad, eosinofilia, incremento de inmunoglobulinas (IgA, IgG e IgE), citocinas (IL-4, IL-5, INF $\gamma$ ) y quimiocinas, así como mediante la activación de linfocitos T (CD4+, gamma/delta) (Quiroz y col., 2011; Coyote-Camacho y col., 2015).

La respuesta celular refleja la etapa de desarrollo del parásito y el estado de resistencia del hospedero, donde la reacción inflamatoria generalmente es de naturaleza crónica e incluye infiltración linfoplasmocítica y eosinofílica difusa o focal, mastocitosis y fibrosis (Gulbahar y col., 2009; Quiroz y col., 2011).

La eosinofilia es una característica típica de la infección por nematodos pulmonares, pero en ausencia de reinfección, la inmunidad puede disminuir y volver al animal susceptible nuevamente (Habte y Simeneh, 2019).

### Signos clínicos y lesiones

Las infecciones con nematodos pulmonares son clínicas o subclínicas (Abebe y col., 2016). El curso clínico de la enfermedad depende de la gravedad de la infección, la edad y el estado inmunológico del animal. En este sentido, la baja producción de leche y baja ganancia de peso pueden ocurrir en infecciones subclínicas en cabras y ovejas (Hailu, 2019). Sin embargo, se ha establecido que la alta prevalencia de la infección, con signos menos obvios, se asocia con una pobre producción y animales apáticos (Asaye y Alemneh, 2015). En el cuadro clínico, inicialmente los animales manifiestan como signo una respiración rápida y superficial, que se acompaña de tos, la cual se exacerba con el ejercicio. Los signos clínicos pueden progresar a dificultad respiratoria, donde los animales muy infectados se paran con la cabeza estirada hacia adelante, la boca abierta y babeando. A la auscultación, los sonidos pulmonares son particularmente prominentes en la bifurcación bronquial (Hailu, 2019).

Los signos clínicos más comunes en ovejas y cabras son pirexia, tos, respiración rápida y superficial, secreción nasal y emaciación, así co-

mo retraso en el crecimiento (Adem, 2016; Engdawork, 2019). La tos y la disnea se producen si se ve afectado un volumen suficientemente grande de tejido pulmonar. Esto se acompaña de edema pulmonar y enfisema intersticial. Cuando todavía no se ha producido daño estructural, el tratamiento produce una respuesta clínica inmediata. Sin embargo, cuando los parásitos maduros se encuentran en los bronquios principales, los huevos y los fragmentos de gusanos muertos son aspirados; provocando neumonía por cuerpos extraños (Hailu, 2019).

*D. filaria* es uno de los nematodos pulmonares más patógenos de ovejas y cabras, ya que vive en la luz del árbol bronquial. Comúnmente se asocia con bronquitis crónica y oclusión localizada del árbol bronquial con atelectasia (Abebe y col., 2016). Las cabras infectadas con *D. filaria* suelen toser debido a la irritación traqueal y bronquial, que en la infección intensa conduce a una disnea progresiva y pérdida de peso, a menudo en asociación con una infección bacteriana secundaria (Harwood y Mueller, 2018).

La infección con *P. rufescens* aun sin ser aparente, puede cursar con diarrea debido a la acción irritativa y traumática de la L3 sobre la pared intestinal, pérdida de peso o secreción nasal, con aumento de la frecuencia y los sonidos respiratorios (Quiroz y col., 2011; Pugh y col., 2020). La infección por *M. capillaris* en cabras en ocasiones es asintomática y solo se identifica como un hallazgo accidental al examen *postmortem*. En las infecciones con pocos nematodos, los signos respiratorios pueden ser muy sutiles y fácilmente pasados por alto, pero se han descrito casos que tuvieron intolerancia al ejercicio como manifestación clínica, observando cabras rezagadas detrás del rebaño cuando eran conducidas (Harwood y Mueller, 2018).

La infección severa con nematodos pulmonares puede causar vasculitis y perivasculitis, con infiltración de células pro-inflamatorias dentro y alrededor de la pared vascular, así como engrosamiento de las paredes interalveolares (Bekele y Shibbiru, 2017; Hailu, 2019).

En la necropsia, la mayoría de las lesiones se encuentran en el aparato respiratorio. En la infección por *D. filaria*, los bronquios, especialmente en los lóbulos diafragmáticos, contienen masas enmarañadas de gusanos mezclados con exudado espumoso. Los bronquiolos infectados con *P. rufescens* a menudo están atelectásicos, con gusanos y exudado; en consecuencia, estos lobulillos estarían también afectados y con presencia de parásitos. Los pulmones infectados con *M. capillaris* contienen lesiones nodulares rojas, grises o verdes, de 1 mm a 2 mm de diámetro. Estas lesiones, ubicadas en la subpleura de los lóbulos diafragmáticos, varían en consistencia, número y forma. Los nódulos pulmonares, como resultado de la infección por *M. capillaris*, tienen la apariencia de un disparo de plomo (Hailu, 2019).

Al someterse a estudio histológico, el tejido pulmonar infectado muestra fibrosis peribronquial y alveolar adyacente a los parásitos, con infiltración de linfocitos, macrófagos y mineralización alveolar. También puede existir enfisema alveolar multifocal, así como ensanchamiento intersticial, causado por fibrosis y células inflamatorias no supurativas. Asimismo, la pleura puede presentar engrosamiento multifocal por células mononucleares y proliferación de tejido conectivo, principalmente en lóbulos caudales, junto a nematodos localizados en alvéolos (Coyote-Camacho y col., 2015).

### Diagnóstico

Por lo general, los signos clínicos, la época del año y los antecedentes de pastoreo son suficientes para hacer el diagnóstico. La confirmación del gusano pulmonar se realiza mediante detección de la L1 en muestras fecales, utilizando la técnica de Baermann (Engdawork, 2019). Esta técnica es la estrategia de diagnóstico preferida para la recuperación larval mejorada y la identificación de parásitos *antemortem* (Hailu, 2019; Pugh y col., 2020).

La identificación larval de nematodos pulmonares se realiza en función de sus características morfológicas. Las larvas de *P. rufescens* miden de 300  $\mu\text{m}$  a 400  $\mu\text{m}$ , con una cola afi-

lada característica y un contorno ondulado pero sin espina dorsal; las de *M. capilaris* (250  $\mu\text{m}$  a 300  $\mu\text{m}$  de largo) tienen un característico estrechamiento, una cola de contorno ondulado y columna dorsal; y la larva de *D. filaria* (550  $\mu\text{m}$  a 585  $\mu\text{m}$  de longitud) tiene la cabeza con una protuberancia sobresaliente, cola puntiaguda y gránulos intestinales amarrados (Hailu, 2019; de-Macedo y col., 2020).

En las fases de pre-patencia o post-patencia, así como durante la hipobiosis, es imposible detectar estos parásitos mediante un examen fecal (Asaye y Alemneh, 2015).

Las técnicas de PCR (Polymerase Chain Reaction) se han usado con fines de identificación y diagnóstico de nematodos trichostrongílicos y otros parásitos. Dependiendo del propósito de la prueba, se han utilizado una serie de procedimientos de PCR, incluida la PCR convencional, dirigida contra varias regiones, especialmente el primer o segundo espaciador transcrito interno (ITS-1 y ITS-2) del ADN ribosómico nuclear. Algunos trabajos han demostrado ser muy promisorios en el desarrollo de PCR en tiempo real para el diagnóstico de infecciones por nematodos en ovejas, a nivel de género o especie (Hutchinson, 2009; Carreno y col., 2009; Income y col., 2021).

En ocasiones, el diagnóstico *postmortem* de los pulmones revela áreas consolidadas y parches enfisematosos elevados o lesiones nodulares blancas irregulares distribuidas en varios lóbulos, especialmente en lóbulos diafragmáticos. Al corte, en la tráquea y el árbol bronquial, es posible observar abundante espuma, en la que se pueden encontrar numerosos gusanos blancos y delgados. A menudo, en los bronquiolos terminales de los lóbulos diafragmáticos se observan racimos de gusanos (Hailu, 2019).

### Tratamiento

En el caso de las cabras, los tratamientos incluyen imidazotiazoles [tetramisol (15 mg/kg) y levamisol (7.5 mg/kg)], benzimidazoles [mebendazol (15 mg/kg a 20 mg/kg)] y lactonas macrocíclicas

[ivermectina (0.2 mg/kg)] (Smith y Sherman, 2009; Engdawork, 2019). Para ovejas, se utiliza benzimidazoles [albendazol (7.5 mg/kg)] y lactonas macrocíclicas [ivermectina (0.2 mg/kg), moxidectina (0.2 mg/kg) y doramectina (0.2 mg/kg)] (Panuska, 2006). Estos medicamentos han demostrado ser efectivos contra todas las etapas de los nematodos pulmonares, con la consiguiente mejora de los signos clínicos (Engdawork, 2019; Hailu, 2019). La eprinomectina administrada tópicamente, a 1 mg/kg de peso corporal, sobre la piel de las ovejas, es altamente eficaz contra *D. filaria* (Hamel y col., 2017).

### Control y prevención

Proporcionar una nutrición equilibrada es muy importante para mantener a los animales sanos. Además, aumenta la resistencia del hospedero y, por lo tanto, es importante para el control de la Dicitiocaulosis (Engdawork, 2019; Hailu, 2019).

El control y la prevención de los nematodos pulmonares se puede lograr a través de la desparasitación estratégica y regular de todos los animales, al final de la estación seca y después de una temporada de lluvias prolongadas, para con esto limitar la contaminación de los pastos en los potreros en la próxima primavera y evitar una gran carga parasitaria durante el pastoreo (Smith y Sherman, 2009; Bekele y Shibbiru, 2017; Engdawork, 2019).

### CONCLUSIONES

Los nematodos *Dictyocaulus*, *Protostrongylus* y *Muellerius* prevalecen como agentes de verminosis pulmonar en ovinos y caprinos. La tasa de mortalidad de esta parasitosis no ha incrementado, pero su importancia clínica se mantiene vigente por su impacto negativo en los parámetros productivos, asociados a pérdidas económicas importantes reportadas en diferentes países. La prevalencia de los nematodos pulmonares depende de condiciones climáticas, geográficas, así como, condiciones de manejo y producción de los animales; donde los más jóvenes, durante el primer pastoreo, así como animales desnutridos o con mala inmunidad, suelen ser los más afectados, de-

bido a una pobre respuesta inmune. El cuadro clínico está caracterizado por la presentación de signos respiratorios, ocasionando tos, secreción nasal e incluso dificultad respiratoria; ocasionalmente puede predisponer a bronconeumonías bacterianas mortales. Debido a la importancia de esta enfermedad en los reba-

ños de ovinos y caprinos, actualmente se vuelve necesario implementar programas de desparasitación oportuna y estratégica, así como un adecuado manejo de los potreros, esto con el objetivo de prevenir y controlar la presentación de esta enfermedad.

## REFERENCIAS

- Abebe, R., Melesse, M., and Mekuria, S. (2016). Lungworm infection in small ruminants in and around Wolaita Soddo Town, Southern Ethiopia. *Journal of Veterinary Science & Technology*. 7(2): 1-5.
- Addis, M., Fromsa, A., and Ebuy, Y. (2011). Study on the prevalence of lungworm infection in small ruminants in Gondar Town, Ethiopia. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 10(3): 1683-1687.
- Adem, J. (2016). Lungworm infection of small ruminant in Ethiopia: A review. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*. 2(3): 22-43.
- Alemneh, T. (2015). A review on: Lungworm infection in small ruminants. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 10(6): 375-380.
- Asaye, M. and Alemneh, T. (2015). Prevalence of lungworm infection of small ruminants in and around Bahir Dar city, Amhara Regional State, Ethiopia. *Journal of Veterinary Science & Technology*. S(12):1-6.
- Asmare, K., Sibhat, B., Haile, A., Sheferaw, D., Aragaw, K., Abera, M., ..., and Wieland, B. (2018). Lungworm infection in small ruminants in Ethiopia: Systematic review and meta-analysis. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 14: 63-70.
- Bekele, T. and Shibbiru, T. (2017). Prevalence of ovine lungworm and associated risk factors in and around Debre Berhan Town, Ethiopia. *International Journal of Veterinary Health Science & Research*. 5(6): 190-195.
- Bowman, D. (2014). *Georgis' Parasitology for Veterinarians*. (Tenth edition). USA: Saunders. 165-169 Pp.
- Carreno, R. A., Diez-Baños, N., Hidalgo-Argüello, M. R., and Nadler, S. A. (2009). Characterization of Dictyocaulus Species (Nematoda: Trichostrongyloidea) from Three Species of Wild Ruminants in Northwestern Spain. *The Journal of Parasitology*. 95(4): 966-970.
- Cassini, R., Párraga, M. A., Signorini, M., di-Regalbono, A. F., Sturaro, E., Rossi, L., and Ramanzin, M. (2015). Lungworms in Alpine ibex (*Capra ibex*) in the eastern Alps, Italy: An ecological approach. *Veterinary Parasitology*. 214(1-2): 132-138.
- Claerebouth, E. and Geldhof, P. (2020). Helminth vaccines in ruminants: From development to application. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 36(1): 159-171.
- Coyote-Camacho, B., Montes-de-Oca-Jiménez, R., López-Arellano, M. E. Salem, A., Cubillos-Godoy, V., Fernández-Rosas, P., and Ortega-Santana, C. (2015). Pathological and immunological changes in sheep naturally infected with miscellaneous pulmonary nematodes in the Mexican temperate plateau region. *Indian Journal of Veterinary Research*. 24(1): 1-7.
- Cuéllar, J. A. (2015). Nematodiasis pulmonar caprina. En E. Díaz, J. L. Tórtora, E. G. Palomares y J. L. Gutiérrez (Eds.) *Enfermedades de las cabras* (pp. 81-88). México: INIFAP.
- De-Macedo, L. O., de-Miranda, L. F., de-Oliveira, J. C. P., do-Nascimento, C. A., Gomes, G., de-Carvalho, G. A., ..., and Ramos, R. A. (2020). Protostrongylus rufescens in goats: Morphological and molecular characterization. *Small Ruminant Research*. 182: 11-14.
- Díaz-Anaya, A. M., Chavarro-Tulcán, G. I., Pulido-Medellín, M. O., García-Corredor, D. y Vargas-Avella, J. C. (2017). Estudio coproparasitológico en ovinos al pastoreo en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Animal*. 39(1): 1-8.
- Engdawork, A. (2019). Lungworms of sheep and cattle. Slaughtered at Abattoir (study of Debre Berhan Municipal Abattoir and private hotels in Central Ethiopia). *International Journal of Agriculture & Agribusiness*. 2(2): 104-114.
- Fentahun, T., Seifu, Y., Chanie, M., and Moges, N. (2012). Prevalence of lungworm infection in small ruminants in and around Jimma Town, Southwest Ethiopia. *Global Veterinaria*. 9(5): 580-585.
- Garedaghi, Y., Rezaii, A. P., Naghizadeh, A., and Nazeri, M. (2011). Survey on prevalence of sheep and

- goats lungworms in Tabriz abattoir, Iran. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 10(11): 1460-146.
- Gulbahar, M. Y., Davis, W. C., Yarim, M., Guvenc, T., Umur, S., Kabak, Y. B., ..., and Beyhan, Y. E. (2009). Characterization of local immune response against lungworms in naturally infected sheep. *Veterinary Parasitology*. 160(3-4): 272-278.
- Habte, D. and Simeneh, A. (2019). Prevalence, associated risk factors and species identification of lung worm infection in sheep in Dangla district, Western Amhara, North West Ethiopia. *International Journal of Veterinary Science and Research*. 5(2): 076-085.
- Hailu, Y. (2019). Lungworms infection of domestic ruminants with particular to Ethiopia: A review. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 6(8): 89-103.
- Hamel, D., Bosco, A., Rinaldi, L., Cringoli, G., Kaulfuß, K. H., Kellermann, M., ..., and Rehbein, S. (2017). Eprinomectin pour-on (EPRINEX® Pour-on, Merial): efficacy against gastrointestinal and pulmonary nematodes and pharmacokinetics in sheep. *BMC Veterinary Research*. 13(148): 1-12.
- Hanks, J. E., Campbell, J. D., and Larsen, W. A. (2021). Severity and prevalence of small lungworm infection on three South Australian farms and associations with sheep carcass characteristics. *Veterinary Parasitology*. 296: 1-9.
- Harwood, D. and Mueller, K. (2018). *Goat medicine and surgery*. USA: Taylor & Francis Group. 174-175 Pp.
- Hutchinson, G. W. (2009). Nematode parasites of small ruminants, camelids and cattle diagnosis with emphasis on anthelmintic efficacy and resistance testin. *Australia and New Zealand Standard Diagnostic Procedures*. 1-61.
- Income, N., Tongshoob, J., Taksinoros, S., Adisakwattana, P., Rotejanaprasert, C., Maneekan, P., and Kosoltanapiwat, N. (2021). Helminth Infections in Cattle and Goats in Kanchanaburi, Thailand, with Focus on Strongyle Nematode Infections. *Veterinary Sciences*. 8(12): 324.
- Jabbar, A., Mohandas, N., Jex, A. R., and Gasser, R. B. (2013). The mitochondrial genome of *Protostrongylus rufescens* – implications for population and systematic studies. *Parasites & Vectors*. 6(263): 1-9.
- Kadi, K., Baye, D., Hussien, H., and Abdurahaman, M. (2017). Study on prevalence of small ruminants lungworm in Asella Municipal Abattoir, Arsi zone, South East Ethiopia. *International Journal of Research Studies in Biosciences*. 5(5): 21-32.
- Kouam, M. K., Diakou, A., Kantzoura, V., Feidas, H., Theodoropoulou, H., and Theodoropoulos, G. (2014). An analysis of seroprevalence and risk factors for parasitic infections of economic importance in small ruminants in Greece. *The Veterinary Journal*. 202(1): 146-152.
- Kuchboev, A. E. and Hoberg, E. P. (2011). Morphological and ultrastructural changes in tissues of intermediate and definitive hosts infected by Protostrongylidae. *Turkish Journal of Zoology*. 35(1): 1-7.
- Kuchboev, A. E., Krücken, J., Karimova, R. R., Ruziev, B. H., and Pazilov, A. (2016). Infection levels of protostrongylid nematodes in definitive caprine and intermediate gastropod hosts from Uzbekistan. *Journal of Helminthology*. 91(2): 236-243.
- Lambertz, C., Pouloupoulou, I., Wuthijaree, K., and Gauly, M. (2018). Endoparasitic infections and prevention measures in sheep and goats under mountain farming conditions in Northern Italy. *Small Ruminant Research*. 164: 94-101.
- López, C. M., Fernández, G., Viña, M., Cienfuegos, S., Panadero, R., Vazquez, L., ..., and Morrondo, P. (2011). Protostrongylid infection in meat sheep from Northwestern Spain: Prevalence and risk factors. *Veterinary Parasitology*. 178(1-2): 108-114.
- López, C. M., Lago, N., Viña, N., Panadero, R., Díaz, P., Díez-Baños, P., and Morrondo, P. (2013). Lungworm infection and ovine visna-maedi: Real risk factor or a confounding variable? *Small Ruminant Research*. 111(1-3): 157-161.
- Mokhtaria, K., Mohammed-Ammar, S., Aboud, B., Miriem, A., Samia, M., Canesuis, N., and Chahrazed, K. (2014). Lungworm infections in sheep slaughtered in Tiaret Abattoir (Algeria). *Global Veterinaria*. 13(4): 530-533.
- Mulate, B. and Mamo, M. (2016). Prevalence and financial losses of lungworm infection in sheep in South Wollo Zone, Ethiopia. *Journal of Animal Research*. 6(1): 53-58.
- Nahed-Toral, J., López-Tirado, Q., Mendoza-Martínez, G., Aluja-Schunemann, A., and Trigo-Tavera, F. J. (2003). Epidemiology of parasitosis in the Tzotzil sheep production system. *Small Ruminant Research*. 49(2): 199-206.
- Njau, B. C., Kasali, O. B., Scholtens R. G., and Degefa, M. (1988). Review of sheep mortality in the Ethiopian highlands, 1982– 86. *International Livestock Centre for Africa*. 31: 19-22.

- Oyda, S. and Mekuria, A. (2018). Review on lung-worm infection in sheep and goats in Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 8(11): 15-20.
- Panuska, C. (2006). Lungworms of ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 22(3): 583-593.
- Preston, S., Piedrafito, D., Sandeman, M., and Cotton, S. (2019). The current status of anthelmintic resistance in a temperate region of Australia; implications for small ruminant farm management. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 17: 100313.
- Pugh, D. G., Baird, N., Edmondson, M., and Passler, T. (2020). *Sheep, Goat, and Cervid Medicine*. (Third edition). USA: Elsevier. 107-109 Pp.
- Quiroz, H., Figueroa, J. A., Ibarra, F. y López, M. E. (2011). *Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos*. México: UNAM. 379 Pp.
- Rahman, A., Labony, S. S., Dey, A. R., and Alam, M. Z. (2017). An epidemiological investigation of gastrointestinal parasites of small ruminants in Tangail, Bangladesh. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. 15(2): 255-259.
- Regassa, A., Toyeb, M., Abebe, R., Megersa, B., Mekibib, B., Mekuria, S., ..., and Abunna, F. (2010). Lungworm infection in small ruminants: Prevalence and associated risk factors in Dessie and Kombolcha districts, northeastern Ethiopia. *Veterinary Parasitology*. 169(1-2): 144-148.
- Samadi, A., Faizi, N., Abi, A. J., Irshad, A. R., and Hailat, N. (2019). Prevalence and pathological features of ovine lungworm infection in slaughtered animals in Nangarhar Province of Afghanistan. *Comparative Clinical Pathology*. 28(6): 1667-1673.
- Smith, M. and Sherman, D. (2009). *Goat medicine*. USA: Ed. Office. 359-361 Pp.
- Suarez, V. H., Bertoni, E. A., Micheloud, J. F., Cafrune, M. M., Viñabal, A. E., Quiroga, R. J., and Bassanetti, A. F. (2014). First record of *Muellerius capillaris* (Nematoda, Protostrongylidae) in northwestern Argentina. *Helminthologia*. 51(4): 288-292.
- Tenaw, A. and Jemberu, W. T. (2018). Lungworms in small ruminants in Burie district, Northwest Ethiopia. *Ethiopian Veterinary Journal*. 22(2): 26-35.
- Yacob, R. and Alemu, B. (2019). Lungworm infection in small ruminants: Prevalence and associated risk factors in Debra- Berhan Town, Amhara Region, Ethiopia. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 6(3): 249-255.
- Yagoob, G., Hossein, H., and Ehsan, A. (2014). Prevalence of small ruminant lung-worm infestation in Tabriz City, Iran. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. 4(2): 320-323.
- Zafra, R. y García, I. (2019). *Enfermedades infecto-contagiosas en rumiantes*. España: Elsevier. 108-119 Pp.
- Zeryehun, T. and Degefaw, N. (2017). Prevalence and factors associated with small ruminant's lung-worm infection in and around Mekelle Town, Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Veterinary Science & Technology*. 8(5): 1-5.