



Facultad de Veterinaria

Trabajo de
Fin de Grado

Prevalencia de las diferentes
especies de nematodos
broncopulmonares en granjas de
pequeños rumiantes en España

Elena Maeso Miguel

Grado en Veterinaria
Año 2022

Modalidad del Trabajo: Experimental

Licencia

Excepto donde se haga constar explícitamente, esta obra pertenece a Elena Maeso Miguel y está sujeta a la licencia Reconocimiento-Compartir Igual 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



1. RESUMEN

Las bronconeumonías verminosas del ganado ovino y caprino están causadas por nematodos broncopulmonares pertenecientes a las familias Dictyocaulidae y Protostrongylidae. Estos parásitos causan problemas respiratorios en los pequeños rumiantes en pastoreo, provocando importantes pérdidas económicas para el ganadero. Aunque se dispone de numerosa información acerca de las infecciones por nematodos broncopulmonares en ovejas y cabras de Galicia, los datos en animales de otras zonas de España son limitados y poco actuales. Por ello, el objetivo principal de este trabajo consistió en estimar el porcentaje de granjas de pequeños rumiantes positivas a nematodos broncopulmonares en España, identificar los géneros/especies presentes y determinar la influencia de la edad y la especie animal sobre el porcentaje de muestras positivas. Para ello, se recogieron 120 muestras (*pool*) fecales en 82 granjas de ovino y caprino localizadas en 18 provincias españolas. La presencia de larvas de primer estadio (L1) se detectó mediante la técnica de Baermann-Wetzel y la identificación genérica/específica se realizó microscópicamente mediante el estudio morfológico de las L1.

En el 49,2% de las muestras se detectaron nematodos broncopulmonares, siendo más frecuentes los protostrongílidos (45,8%) que *Dictyocaulus filaria* (8,3%). Además, se identificaron 4 géneros/especies de nematodos de la familia Protostrongylidae: *Muellerius capillaris* (43,3%), *Cystocaulus ocreatus* (8,3%), *Neostrongylus linearis* (5,8%) y *Protostrongylus* spp. (3,3%). Aunque las infecciones con un único género/especie de nematodo broncopulmonar fueron lo más común (74%), en un porcentaje amplio de muestras se identificaron infecciones mixtas (26%), de hasta 5 géneros/especies diferentes. El análisis de factores de riesgo, reveló que el ganado caprino es significativamente más propenso a la infección por *M. capillaris* que las ovejas. Esto puede deberse al desarrollo de una respuesta inmunitaria menos intensa tras la infección por estos parásitos, así como a la menor selectividad que presentan las cabras a la hora de escoger el alimento, lo que incrementaría la probabilidad de ingestión de moluscos terrestres que actúan como hospedadores intermediarios. Finalmente, el porcentaje de infección por protostrongílidos aumentó, por lo general, con la edad de los animales, siendo los resultados significativos para *M. capillaris*. Esto se debe a que los pequeños rumiantes no desarrollan una respuesta inmunitaria protectora tras infectarse con estos, por lo que la probabilidad de infectarse se incrementa con la edad.

Se necesitan estudios más amplios, incluyendo un mayor número de muestras y de otras zonas de nuestro país, para conocer mejor la importancia de los diferentes nematodos broncopulmonares que afectan a los pequeños rumiantes de España.

Palabras clave: nematodos broncopulmonares, prevalencia, oveja, cabra, factores de riesgo, España.

RESUMO

As bronconeumonías verminosas do ganado ovino e cabrún está causada por nematodos broncopulmonares pertencentes ás familias Dictyocaulidae e Protostrongylidae. Estes parasitos provocan problemas respiratorios en pequenos ruminantes en pastoreo, provocando importantes perdas económicas para o gandeiro. Aínda que se dispón dunha gran cantidade de información sobre as infeccións por nematodos broncopulmonares en ovino e caprino en Galicia, os datos sobre animais doutras zonas de España son limitados e non están actualizados. Polo tanto, o obxectivo principal deste traballo foi estimar a porcentaxe de explotacións de pequenos ruminantes positivas a nematodos broncopulmonares en España, identificar os xéneros/especies presentes e determinar a influencia da idade e da especie animais sobre a porcentaxe de mostras positivas. Para iso recolléronse 120 mostras fecais (*pool*) en 82 explotacións de ovino e caprino situadas en 18 provincias españolas. A presenza de larvas de primeiro estadio (L1) detectouse mediante a técnica de Baermann-Wetzel e a identificación xenérica/específica realizouse microscópicamente mediante o estudo morfolóxico da L1.

No 49,2% das mostras detectáronse nematodos broncopulmonares, sendo máis frecuentes os protostronxídeos (45,8%) que *Dictyocaulus filaria* (8,3%). Ademais, identificáronse 4 xéneros/especies de nematodos da familia Protostrongylidae: *Muellerius capillaris* (43,3%), *Cystocaulus ocreatus* (8,3%), *Neostongylus linearis* (5,8%) e *Protostrongylus* spp. (3,3%). Aínda que as infeccións cun só xénero/especie de nematodo broncopulmonar foron as máis frecuentes (74%), nunha gran porcentaxe de mostras identificáronse infeccións mixtas (26%) de ata 5 xéneros/especies diferentes. En canto ao análise dos factores de risco, observouse que as cabras son significativamente máis propensas á infección por *M. capillaris* que as ovellas. Isto pode deberse ao desenvolvemento dunha resposta inmunitaria menos intensa tras a infección con estes parasitos, así como á menor selectividade que presentan as cabras á hora de elixir o alimento, o que aumentaría a probabilidade de ingestión de moluscos terrestres que actúan como hospedadeiros intermedios destes nematodos. Finalmente, a porcentaxe de infección por protostronxídeos aumentou en xeral coa idade dos animais, sendo os resultados significativos para *M. capillaris*. Isto débese a que os pequenos ruminantes non desenvolven unha resposta inmunitaria protectora despois de seren infectados con estes nematodos, polo que a probabilidade de infectarse aumenta coa idade.

Son necesarios estudos máis amplos, incluíndo un maior número de mostras e doutras zonas do noso país, para comprender mellor a importancia dos distintos nematodos broncopulmonares que afectan aos pequenos ruminantes en España.

Palabras chave: nematodos broncopulmonares, prevalencia, ovella, cabra, factores de risco, España.

ABSTRACT

Lungworm belonging to the Dictyocaulidae and Protostrongylidae families cause bronchopneumonia in sheep and goat. These parasites are related to respiratory problems in grazing small ruminant, leading to significant economic losses. Although the information available on lungworm infections in sheep and goats from Galicia is significant, data on animals from other areas of Spain are limited and out dated. Therefore, the main objective of this work was to estimate the percentage of small ruminant farms positive to lungworms in Spain, identify the genera/species present and determine the influence of the age and the animal species on the percentage of positive samples. To that end, 120 fecal pooled samples were collected in 82 sheep and goat farms from 18 Spanish provinces. The presence of first stage larvae (L1) was detected using the Baermann-Wetzel technique and the generic/specific identification was performed microscopically through the morphometric study of the L1.

Lungworms were detected in 49,2% of the samples, and protostrongylids being more frequent (45,8%) than *Dictyocaulus filaria* (8,3%). In addition, 4 genera/species of Protostrongylidae nematodes were identified: *Muellerius capillaris* (43,3%), *Cystocaulus ocreatus* (8,3%), *Neostrongylus linearis* (5,8%) and *Protostrongylus* spp. (3,3%). Although infections with a single genus/species of lungworm were the most common (74%), mixed infections (26%) of up to 5 different genera/species were identified in a large percentage of samples. Regarding the risk factor analysis, it was observed that the percentage of goat samples positive to *M. capillaris* was significantly higher than that detected in sheep; this may be due to the development of a less intense immune response after being infected by these parasites. In addition, the feeding behavior of goats, which show lower selectivity when choosing food, would increase the probability of ingestion of terrestrial molluscs acting as intermediate host of these nematodes. Finally, the percentage of infection by protostrongylids generally increased with the age of the animals, our results were only significant for *M. capillaris*; this is because small ruminants do not develop a protective immune response after being infected with these lungworms and, therefore, the probability of being infected increases with age.

Further studies, including a greater number of samples and from other areas of Spain are needed for a better understanding of the importance of the different lungworms affecting small ruminant in our country.

Keywords: lungworms, prevalence, sheep, goat, risk factors, Spain.

2. ÍNDICE

1.	RESUMEN	3
2.	ÍNDICE.....	6
3.	ABREVIATURAS	7
4.	INTRODUCCIÓN.....	8
4.1	ETIOLOGÍA	8
4.1.1	FAMILIA DICTYOCAULIDAE.....	9
4.1.2	FAMILIA PROTOSTRONGYLIDAE	10
4.2	EPIDEMIOLOGÍA	12
4.2.1	FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA PREVALENCIA DE BRONCONEUMONÍAS VERMINOSAS.....	12
4.2.2	PREVALENCIAS.....	13
4.3	SIGNOS CLÍNICOS Y LESIONES.....	15
4.4	DIAGNÓSTICO.....	16
4.4.1	DIAGNÓSTICO CLÍNICO EPIDEMIOLÓGICO.....	17
4.4.2	DIAGNÓSTICO <i>POST MORTEM</i>	17
4.4.3	TÉCNICAS LABORATORIALES	17
4.5	CONTROL Y PREVENCIÓN	18
4.5.2	TRATAMIENTO ANTIHELMÍNTICO	18
4.5.3	MEDIDAS COMPLEMENTARIAS DE CONTROL	19
5.	OBJETIVOS.....	21
6.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	22
6.1	MUESTRAS INCLUIDAS EN EL ESTUDIO	22
6.2	ANÁLISIS PARASITOLÓGICO	23
6.2.1	DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE L1 DE NEMATODOS BRONCOPULMONARES	23
6.2.2	DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE L1 DE NEMATODOS BRONCOPULMONARES	24
6.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
7.1	PORCENTAJE DE MUESTRAS POSITIVAS	27
7.2	GÉNEROS Y ESPECIES DE NEMATODOS BRONCOPULMONARES IDENTIFICADOS.....	29
7.2.1	PORCENTAJES DE MUESTRAS Y GRANJAS POSITIVAS	32
7.3	ASOCIACIONES	34
7.4	ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGO	36
7.4.1	ESPECIE ANIMAL	36
7.4.2	EDAD.....	37
8.	CONCLUSIONES.....	40
9.	BIBLIOGRAFÍA	42

3. ABREVIATURAS

C. ocreatus - *Cystocaulus ocreatus*

D. filaria – *Dictyocaulus filaria*

HD - Hospedador definitivo

HI - Hospedador intermediario

L1 - Larvas del estadio 1

L2 - Larvas del estadio 2

L3 - Larvas del estadio 3

L4 - Larvas del estadio 4

L5 - Larvas del estadio 5

Lpg – larvas por gramo

M. capillaris – *Muellerius capillaris*

N. linearis - *Neostongylus linearis*

PI – Post-infección

PP- Periodo de prepatencia

4. INTRODUCCIÓN

Las bronconeumonías verminosas del ganado caprino y ovino están causadas por nematodos pertenecientes a las Familias Dictyocaulidae y Protostrongylidae, que causan problemas respiratorios especialmente en animales mantenidos en pastoreo (Pugh y Baird, 2012). En pequeños rumiantes, la familia Dictyocaulidae está representada por una única especie: *Dictyocaulus filaria*, que se localiza en la tráquea y en los bronquios. Presenta un ciclo directo, donde no intervienen hospedadores intermediarios, que depende de forma notable, de diversos factores externos como pueden ser la temperatura y la humedad (Urquhart et al., 2001). Por el contrario, se han identificado cuatro géneros de nematodos de la familia Protostrongylidae que afectan al ganado ovino y caprino en nuestro país: *Cystocaulus*, *Muellerius*, *Neostrongylus* y *Protostrongylus*. Estos nematodos presentan una localización más profunda, pues se encuentran en bronquiolos y alveolos, y presentan un ciclo biológico indirecto en el que intervienen diferentes moluscos gasterópodos terrestres como hospedadores intermediarios (Deplazes et al., 2016). En zonas endémicas, estas parasitosis tienen un curso crónico, con sintomatología poco evidente y baja mortalidad, aunque su presencia en los rebaños supone importantes pérdidas económicas para el ganadero (Díez-Baños et al., 2003). Además, los nematodos de ambas familias tienen una distribución geográfica muy amplia, por lo que es frecuente encontrar infecciones mixtas (Astiz et al., 2000; Garijo et al., 2007).

4.1 Etiología

Las bronconeumonías verminosas del ganado caprino y ovino están causadas por nematodos broncopulmonares pertenecientes a las Familias Dictyocaulidae y Protostrongylidae (Díez-Baños., 1999; Morrondo et al., 2019). Su clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los nematodos broncopulmonares que afectan a los pequeños rumiantes domésticos (Taylor et al., 2016).

FILO	CLASE	ORDEN	SUPERFAMILIA	FAMILIA	GÉNERO
Nematoda					
	Secernentea				
		Strongylida			
			Trichostrongyloidea	Dictyocaulidae	<i>Dictyocaulus</i>
			Metastrongyloidea	Protostrongylidae	<i>Muellerius</i>
					<i>Protostrongylus</i>
					<i>Cystocaulus</i>
					<i>Neostrongylus</i>

4.1.1 Familia Dictyocaulidae

La única especie de esta familia que afecta a los pequeños rumiantes domésticos es *D. filaria*. Presenta un ciclo directo (Figura 1), donde ovejas y cabras actúan como hospedadores definitivos (HD), aunque también se han hallado en algunos rumiantes silvestres como el muflón, la cabra montesa y el rebeco (Deplazes et al., 2016; Morrondo et al., 2019).

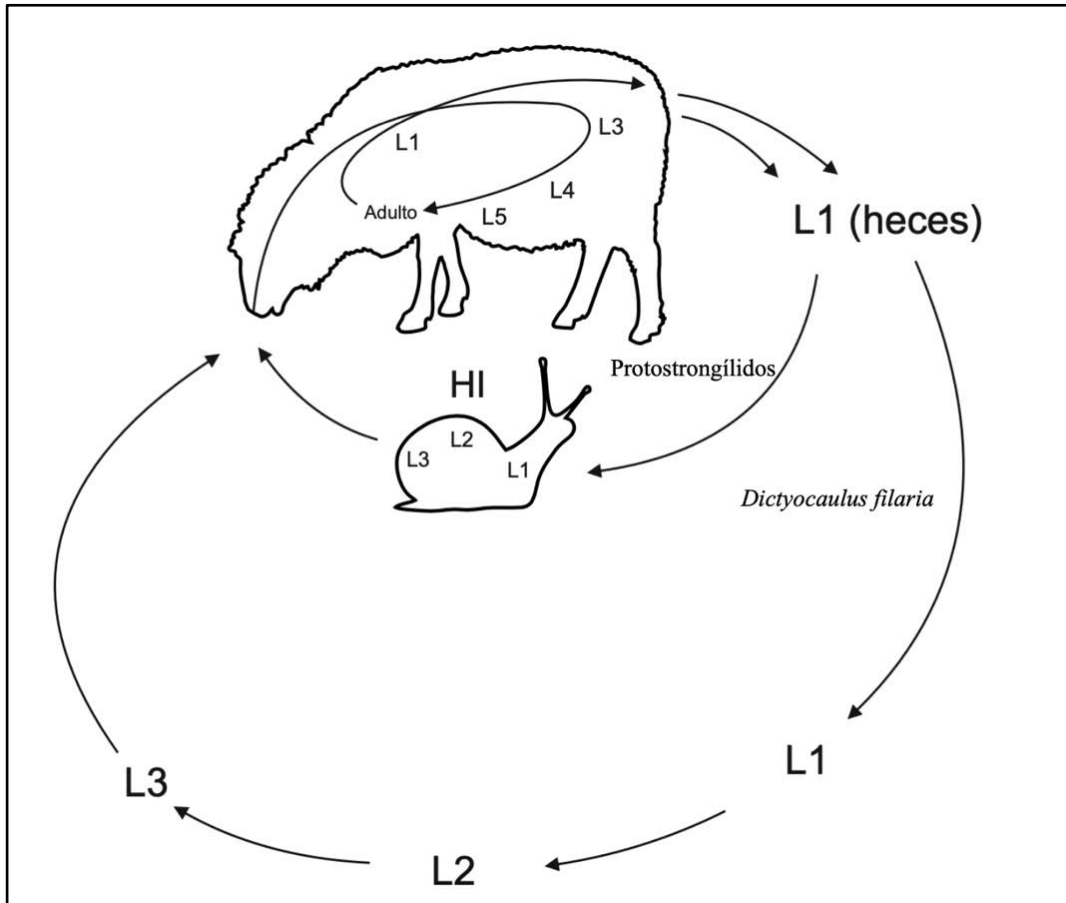


Figura 1. Ciclos biológicos de los nematodos broncopulmonares que afectan a los pequeños rumiantes. a) Directo (*D. filaria*), b) Indirecto (protostrongílicos).

Los machos adultos miden 3-8 cm y las hembras 5-11 cm; ambos se alojan en los bronquios y en la tráquea de estos animales (Díez-Baños et al., 2003; Taylor et al., 2016). Tras la cópula, las hembras ponen huevos (112-138 μm x 60-90 μm) que ya están embrionados, presentando una larva de primer estadio (L1) en su interior; estos huevos son expectorados y deglutidos, eclosionando en el intestino delgado, de modo que las L1 alcanzan el medio con las heces del hospedador definitivo (Morrondo et al., 2019). Las L1 mudan dos veces en el exterior, hasta convertirse en larvas de tercer estadio (L3), que constituyen el estadio infectante. El tiempo de desarrollo desde L1 hasta L3 depende de la humedad y temperatura ambiental, pudiéndose completar en menos de una semana si las condiciones son óptimas (Díez Baños et al., 1999;

Morrondo et al., 2019). Las L3 se mueven hacia el pasto, donde permanecen cerca del suelo hasta que son ingeridas inadvertidamente por un hospedador definitivo adecuado (Panuska, 2006).

La L3 alcanza el intestino grueso del hospedador a las 18 horas post-infección (PI) y penetran en los linfonodos mesentéricos locales, donde permanecen 6 días mientras mudan a larva de cuarto (L4) y quinto (L5) estadio. A partir del día 7 PI, las L5 migran vía linfática por el conducto torácico, alcanzando la vena cava y posteriormente el corazón y arterias pulmonares. (Panuska, 2006; Morrondo et al., 2019).

Las L5 llegan al tejido pulmonar aproximadamente entre los días 8 y 14 PI, y finalmente migran a las vías respiratorias donde, tras penetrar por las paredes de los alveolos, entran en los bronquios y bronquiolos. A las 4 semanas PI aproximadamente, maduran sexualmente, de modo que las primeras L1 se pueden observar en las heces del hospedador a los 26 días PI, aunque la producción máxima de huevos con la L1 y la detección máxima de L1 en heces ocurre a los 39 – 51 días PI (Panuska, 2006).

4.1.2 Familia Protostrongylidae

Son varias las especies de protostrongílidos que afectan al ganado ovino y caprino, aunque en nuestro país destacan: *Muellerius capillaris*, *Cystocaulus ocreatus*, *Neostrongylus linearis* y *Protostrongylus* spp. Estos nematodos también pueden infectar a ciervos y otros pequeños rumiantes salvajes (Morrondo et al., 2019). Todos los miembros de esta familia presentan un ciclo indirecto (Figura 1; Tabla 2), en el que intervienen diferentes moluscos terrestres como hospedadores intermediarios (HI) (Malone, 2007; Taylor et al., 2016).

Los adultos se localizan en nódulos verminosos en el parénquima pulmonar de sus hospedadores definitivos (Tabla 2); tras la cópula, las hembras ponen huevos (100 x 20 µm) que eclosionan en el pulmón (Díez-Baños et al., 1999). Tras ser deglutidas, las L1 salen al exterior con las heces, donde buscarán un hospedador intermediario adecuado. La supervivencia de las L1 en el medio, así como la presencia y actividad de los hospedadores intermediarios, depende de las condiciones ambientales, fundamentalmente temperatura y humedad (Díez-Baños et al., 1999; Morrondo et al., 2019).

Las L1 presentan una resistencia variable a la desecación y a la congelación, de modo que, algunas especies como *M. capillaris* son bastante más resistentes a la desecación que otras, como *N. linearis* (Morrondo et al., 1992). De todos modos, aunque estas larvas sobrevivan a condiciones adversas, su capacidad para infectar al caracol es menor (Solomon et al., 1998). Tras penetrar en el hospedador intermediario, las larvas mudan hasta L3 que es la fase infectante. El tiempo de desarrollo es variable y depende de la especie de molusco. El parásito es capaz de sobrevivir durante toda la vida del HI, e incluso puede permanecer viable durante un corto periodo

de tiempo después de su muerte, lo que mejora su disponibilidad para los animales en pastoreo y favorece que se cierre el ciclo (Panuska, 2006).

Tabla 2. Aspecto, tamaño y localización de los adultos de los protostrongílidos que afectan a los pequeños rumiantes domésticos en España y sus hospedadores intermediarios más frecuentes en nuestro país (Taylor et al., 2016).

Aspecto de adultos	Localización	HI
<i>Muellerius capillaris</i>		
Color gris rojizo	Alveolos, parénquima	Caracoles (<i>Helix, Succinea</i>) y
Machos: 12-24 mm	pulmonar (subpleural)	babosas (<i>Limax, Agriolimax,</i>
Hembras: 19-25 mm		<i>Arion</i>)
Muy adheridos al tejido pulmonar		
<i>Cystocaulus ocreatus</i>		
Color marrón oscuro	Bronquiolos, alveolos,	Caracoles (<i>Helicella, Helix,</i>
Machos hasta 4–5 cm	parénquima pulmonar,	<i>Theba, Cepaea, Monacha</i>)
Hembras hasta 9 cm	nódulos subpleurales	
<i>Neostrogylus linearis</i>		
Machos: 5–8 mm	Subpleural (lóbulo	Caracoles (<i>Monacha,</i>
Hembras: 13–15 mm	caudal)	<i>Cochlicella, Cernuella</i>
		<i>Helicella, Helix, Cepaea</i>)
<i>Protostrongylus spp</i>		
Color rojizo	Bronquiolos, aspecto	Caracoles (<i>Helicella, Theba,</i>
Machos: 4,5 cm	filiforme y oscuro	<i>Abida, Zebrina, Arianta</i>)
Hembras: 6,5 cm		

Las ovejas y cabras se infectan al ingerir accidentalmente caracoles que contienen las L3. Tras la digestión, las L3 se liberan de los tejidos del caracol, atraviesan la pared intestinal del HD, penetran en los linfonodos mesentéricos y migran por el conducto torácico, corazón y arterias pulmonares hasta llegar al pulmón, donde mudan a L4 y L5 y se organizan en nódulos (Díez Baños et al., 1999; Deplazes et al., 2016). En ocasiones, los nódulos se degeneran y pueden aparecer los nematodos en los bronquiolos. Los adultos aparecen a los 25 – 38 días PI, siendo el periodo de prepatencia de 5-6 semanas. Los parásitos adultos son muy longevos, pues pueden sobrevivir durante 4,5 años y seguir produciendo huevos, lo que sin duda se traduce en una gran contaminación de los pastos con L1 (Panuska, 2006).

4.2 Epidemiología

La dictiocaulosis y las protostrongilidosis son enfermedades que presentan una distribución cosmopolita, pero su presencia e importancia varían de forma notable dependiendo de varios factores, como, por ejemplo, las condiciones climáticas de cada región (Anderson, 2000; Morrondo et al., 2019). En algunas zonas se ha comprobado que entre el 70 y 90% de todas las cabras y ovejas adultas sacrificadas son positivas al menos a una de las especies de nematodos broncopulmonares antes mencionadas (López et al., 2011).

4.2.1 Factores que influyen sobre la prevalencia de bronconeumonías verminosas

En la epidemiología de las infecciones por nematodos broncopulmonares presentan gran importancia tanto los factores extrínsecos, o dependientes del medio, como los intrínsecos o propios del hospedador (Díez-Baños et al., 1999; Morrondo et al., 2019).

a) *Extrínsecos:*

La supervivencia de las L1 de los nematodos broncopulmonares de los pequeños rumiantes en el medio ambiente depende principalmente de la temperatura y humedad relativa (Deplazes et al., 2016). En todos los casos, la supervivencia es mayor en zonas húmedas y templadas, que suelen considerarse endémicas. Por ejemplo, las temperaturas óptimas para la supervivencia de la L1 de *D. filaria* oscilan entre 10 y 20° C y la humedad relativa entre el 52 – 100%. Por ello, la primavera y el otoño son las épocas cuando hay un mayor número de L1 en los pastos (Béjar, 2017; Morrondo et al., 2019). En el caso de *D. filaria*, y en zonas templadas donde los inviernos no son muy fríos, un número elevado de larvas sobreviven desde el otoño hasta la primavera siguiente, siendo las responsables de la infección de los corderos que salen al pasto por primera vez; además, las L3 son muy sensibles a la desecación y a la incidencia directa de los rayos solares, aunque altas temperaturas favorecen un desarrollo más rápido (Díez Baños et al., 2003). También se debe considerar que determinados factores condicionan la dispersión de L1 como por ejemplo el viento, la lluvia, los pájaros, insectos coprófagos, neumáticos de los vehículos, el calzado, abonado... (Deplazes et al., 2016).

En cuanto a los hospedadores intermediarios de los protostrongílidos, los moluscos jóvenes suelen ser más importantes desde el punto de vista epidemiológico, ya que son más fáciles de ingerir por los hospedadores definitivos. Las L1, L2 y L3 son inocuas para el molusco, y la L3 puede sobrevivir incluso un tiempo tras la muerte del hospedador intermediario. (Díez-Baños et al., 2003; Morrondo et al., 2019).

b) *Intrínsecos*

El estado inmunitario del animal posee gran importancia; se ha comprobado que en HD inmunodeprimidos, débiles, mal nutridos o en épocas de estrés o gestación, la eliminación de L1 es mayor (Deplazes et al., 2016).

La edad también es importante: aquellos animales de edad avanzada muestran una mayor eliminación de L1 de protostrongídeos en las heces, debido a las continuas reinfecciones y a un escaso desarrollo de una respuesta inmunitaria protectora. Sin embargo, la situación es la contraria para los animales infectados con *D. filaria*, donde el ganado joven es el más susceptible (Calvo, 2021).

Existen diferencias de receptividad según la especie animal, siendo las cabras más propensas a infectarse, aunque las ovejas infectadas con protostrongídeos suelen presentar signos clínicos más intensos. Por el contrario, *D. filaria* presenta mayor acción patógena para los caprinos que para los ovinos (García-Dios et al., 2021).

Se han constatado diferencias de receptividad según la raza. En un estudio realizado en Galicia, Béjar (2017) apreció que las cifras de eliminación fueron superiores en cabras procedentes de cruces (media = 232 larvas por gramos), que en aquellas de aptitud láctea (media = 8,5 larvas por gramo).

También se ha comprobado que el sistema de explotación influye notablemente en la prevalencia e intensidad de eliminación de L1 de nematodos broncopulmonares. Así, Béjar (2017) observó que las cabras mantenidas en extensivo (media = 478 larvas por gramo) eliminaban más L1 que las mantenidas en intensivo (media = 8,5 larvas por gramo). Además, la dictiocaulosis se diagnostica normalmente en animales en pastoreo, ya que es la única forma de ingerir grandes cantidades de L3. No obstante, los animales estabulados que se alimentan con hierba recién cortada, también podrían verse afectados (Díez-Baños et al., 1999; Morrondo et al., 2019).

4.2.2 Prevalencias

a) *En España*

Las prevalencias señaladas en pequeños rumiantes de nuestro país son especialmente elevadas para los protostrongídeos, llegando a alcanzar el 80% aproximadamente. Sin embargo, la importancia de *D. filaria* es mucho menor. La mayoría de los autores señalan que en las infecciones por protostrongídeos interviene más de una especie (Astiz et al., 2000; Díez et al., 2006; Garijo et al., 2007; Cienfuegos et al., 2009; López et al., 2011; Béjar et al., 2014).

En Castilla la Mancha, Astiz et al. (2000), analizaron 285 muestras fecales de ganado caprino, apreciando que el 81% de los animales eran positivos a nematodos broncopulmonares. La especie más frecuente fue *M. capillaris* (98%), seguida de *N. linearis* (25%), *Protostrongylus* spp. (18%) y *D. filaria* (10%), mientras que *C. ocreatus* no se detectó en ninguna muestra.

En la provincia de León, Díez-Baños et al. (2006) analizaron 364 explotaciones de ganado ovino, observando que el 51,2% - 68,2% de los animales estaban parasitados por protostrongílidos y entre 14,29% - 20,45% por *D. filaria*.

En el este de España, Garijo et al. (2007), estudiaron la prevalencia de las nematodosis broncopulmonares en 181 ovejas adultas sacrificadas en mataderos en la región de Murcia, observando que el 72,4% de los animales estaban parasitados. En este estudio predominó *C. ocreatus* (67,7%), sobre *N. linearis* (63%) y *M. capillaris* (42,5 %). *Dictyocaulus filaria* (7,7%) y *Protostrongylus rufescens* (4,7%) se detectaron en menor proporción. Resultados similares se hallaron en el sur del país. Alasaad et al. (2009), realizaron el examen *post mortem* de 213 cabras montesas de Sierra Nevada, encontrando que el 72% de los animales estaban parasitados con nematodos broncopulmonares adultos. En este estudio se halló un 44% de los animales parasitados con *C. ocreatus* y la misma cifra para *M. capillaris*, el 40% con *Protostrongylus* spp. y un 4% con *D. filaria*.

b) En Galicia

En nuestra Comunidad Autónoma se han realizado numerosas investigaciones sobre las infecciones por nematodos broncopulmonares en pequeños rumiantes, señalando tasas de infección considerables. En un estudio realizado desde marzo de 2007 hasta enero del 2009 en 74 granjas de ovino de Galicia, López et al. (2011) constataron que 242 de los 2093 (11,6%) animales analizados fueron positivos a protostrongílidos. Por el contrario, los porcentajes de infección en caprino fueron mucho más elevados. Así se observó que sobre el 90% de los animales eran positivos a protostrongílidos, mientras que solo el 2,4% eliminaron L1 de *D. filaria*; es importante señalar que, en aquellas granjas positivas, casi la totalidad de las cabras (97,6%) estaban infectadas con estos nematodos (Béjar et al., 2014; Béjar, 2017).

El porcentaje de granjas positivas también fue elevado, lo que indica que estos nematodos están ampliamente diseminados por nuestra Comunidad Autónoma. En ganado ovino, Cienfuegos et al. (2009) observaron que el 46,7% de granjas eran positivas a protostrongílidos y el 19,8% a *D. filaria* empleando mezclas (*pooles*) fecales. Posteriormente, Calvo (2021) halló resultados similares tras analizar 161 mezclas fecales de pequeños rumiantes, aunque encontró únicamente protostrongílidos (61,5%).

Analizando los datos publicados en Galicia, llama la atención la reducida variedad de especies de protostrongílidos detectadas en comparación con investigaciones llevadas a cabo en el resto del país. Por ejemplo, en ganado ovino López et al. (2011) solo identificaron dos especies: *M. capillaris* fue claramente predominante (97,9%) sobre *N. linearis* (5,4%). Recientemente, Calvo (2021) también detectó dos especies; *M. capillaris* volvió a ser la más frecuente y presente en todos los animales que eliminaron L1, mientras que *C. ocreatus* solo se identificó en el 6,98% de los positivos.

En ganado caprino se detectaron un mayor número de especies de protostrongílidos. *Muellerius capillaris* continuó siendo la especie más común (88,8-100%), mientras que la presencia de otras especies como *N. linearis* (4,1-4,5%) y *C. ocreatus* (0,3%) fue muy reducida (Béjar et al., 2014; Béjar, 2017).

4.3 Signos clínicos y lesiones

Por su localización y acción patógena, los animales parasitados por *D. filaria* y protostrongílidos van a mostrar principalmente signos clínicos respiratorios (Díez-Baños et al., 2003; Morrondo et al., 2019).

a) *Dictyocaulosis*:

Los animales parasitados con *D. filaria*, especialmente los más jóvenes, tosen y expectoran mucus que contiene larvas, huevos y, en ocasiones, adultos. También pueden presentar taquipnea, disnea, anorexia y pérdida de peso (Deplazes et al., 2016). El mucus suele ser muy abundante en la forma aguda, pero a medida que el proceso avanza se convierte en mucopurulento. Cuando la mucosidad se seca, se forman costras que se adhieren y ocluyen los orificios nasales. Los animales muy parasitados muestran signos de bronconeumonía con taquipnea, estertores y tos seca. No suelen ser frecuentes las muertes durante las infecciones naturales, ya que la expulsión de los adultos se realiza de forma gradual (Díez-Baños et al., 1999; Morrondo et al., 2019; Rickard, 2021).

La lesión principal de la dictyocaulosis es la traqueobronquitis catarral, pues la presencia de los adultos en la tráquea y en los bronquios se traduce en la producción de una gran cantidad de fluido muco-espumoso de color blanquecino. Además, cuando las larvas migran por los vasos pulmonares y los atraviesan para dirigirse a la tráquea y bronquios, provocan neumonía intersticial, caracterizada por focos microscópicos de necrosis, con infiltración celular. En animales muy parasitados, estos focos se convierten en macroscópicos, siendo zonas neumónicas, de una coloración violácea, localizadas en los lóbulos craneales pulmonares y que no colapsan (Rickard, 2001; Díez-Baños et al., 2003; Adem, 2016).

b) *Protostrongilidosis*

En general, los nematodos de la familia Protostrongylidae provocan infecciones inaparentes asintomáticas. En la mayoría de las ocasiones, se diagnostica en el examen *post mortem*. Cuando las infecciones son repetidas pueden aparecer signos clínicos como tos seca, con empeoramiento debido a complicaciones con neumonías secundarias, como por ejemplo *Pasteurella* spp o *Salmonella abortus – ovis*. Sin embargo, la sintomatología de las

protostrongilidosis varía según las diferentes especies. Así, las infecciones por *M. capillaris*, pueden provocar incapacidad respiratoria y tos seca (Rickard, 2001; Adem, 2016; Morrondo et al., 2019). En corderos de más de 6 meses con mulleriosis puede aparecer anorexia, desnutrición, retraso del crecimiento y tos seca no productiva. Sin embargo, en las infecciones provocadas por *Protostrongylus* spp., aparece tos expectorante, con mucosidad nasal, anorexia y alteraciones respiratorias intensas. (Díez-Baños et al., 2003; Jenkins et al., 2007). Aunque, Berrag y Cabaret (1996) han comprobado que animales muy parasitados con protostrongídeos con una eliminación media de 1508 ± 847 lpg, pueden presentar alveolitis, bronquitis o bronquiolitis.

Las alteraciones provocadas por la familia Protostrongylidae, son principalmente lesiones pulmonares características, que incluyen granulomas primarios (como respuesta del hospedador) y dos tipos de lesiones nodulares: verminosas, de consistencia dura, (solo contienen parásitos adultos) y larvarias (donde se reproducen los adultos y presentan abundantes huevos y larvas), con diferente localización según la especie involucrada (Díez-Baños et al., 2003; Adem, 2016; Rickard, 2021), (Tabla 3).

Tabla 3. Localización de las lesiones nodulares causadas por los protostrongídeos.

Lesión / especie	<i>M. capillaris</i>	<i>C. ocreatus</i>	<i>N. linearis</i>	<i>Protostrongylus</i> spp
Nódulos verminosos	Subpleurales e intrapulmonar	Periferia pulmonar, zona ventral lóbulos craneales	Subpleurales, sobre todo en el lóbulo caudal	En bronquiolos, provocan hiperplasia en los linfonodos peribronquiales
Nódulos larvarios	Lóbulos diafragmáticos, nódulos no delimitados	Periferia pulmonar, zona ventral de los lóbulos craneales	Nódulos difusos subpleurales en el lóbulo caudal, a veces en el lóbulo craneal	Subpleurales diseminados y visibles de 1–5 cm con bordes netos

4.4 Diagnóstico

Los datos epidemiológicos y la sintomatología clínica pueden hacernos sospechar de estas parasitosis, aunque la sospecha clínica – epidemiológica siempre se debe confirmar en el laboratorio, empleando técnicas laboratoriales como la coprología, o bien, tras el examen *post mortem* (Panuska, 2006; Adem, 2016).

4.4.1 Diagnóstico clínico epidemiológico

La presencia de sintomatología respiratoria podría hacernos sospechar de estos procesos, especialmente en zonas endémicas. Sin embargo, se debe considerar que la mayoría de las infecciones con estos nematodos cursan con escasa sintomatología. En el caso de la dictiocaulosis, se debería sospechar de esta parasitosis en primavera o final del verano en zonas con clima templado y humedad alta, especialmente en animales que salen por primera vez al pasto y presentan signos como tos, disnea, taquipnea sin hipotermia (Díez-Baños et al., 2003; Adem, 2016; Deplazes et al., 2016).

4.4.2 Diagnóstico *post mortem*

Es una técnica útil para el diagnóstico en animales muertos o en rumiantes silvestres que han sido cazados (Panadero et al., 2001). En el caso de la dictiocaulosis, los adultos se pueden observar a simple vista, pues son de gran tamaño y están presentes en la luz de la tráquea y de los bronquios, rodeados de mucosidad. También se pueden realizar raspados de epitelio de la tráquea y de los bronquios que permiten observar, empleando un microscopio, la presencia de huevos y de L1 (Díez-Baños et al., 1999; Rickard, 2001). Se puede realizar el diagnóstico diferencial con procesos esporádicos propios de las épocas frías, los cuales causan fiebre. Estos procesos pueden ser bacterianos como pasteurelisis, o bien, procesos víricos como la rinotraqueítis infecciosa (Díez-Baños et al., 1999; Morrondo et al., 2019).

En el caso de las infecciones por protostrongílidos, se debe realizar un examen anatomopatológico del pulmón, donde se observarán larvas y adultos junto con una reacción celular compatible con granuloma parasitario (Díez-Baños et al., 2003; Rickard, 2021).

4.4.3 Técnicas laboratoriales

Se han desarrollado varias técnicas; se pueden emplear técnicas coprológicas, útiles para detectar las infecciones por nematodos broncopulmonares pertenecientes a las dos familias, así como métodos inmunológicos para el diagnóstico de *D. filaria* (Deplazes et al., 2016).

- Diagnóstico parasitológico: se utiliza la técnica coprológica de migración larvaria, o técnica de Baermann-Wetzel, que permite concentrar las L1 presentes en las heces; los géneros son sencillos de identificar al microscopio a 400 aumentos, basándose generalmente en el tamaño y la morfología del extremo posterior. Este método también permite estimar la intensidad de eliminación de L1 tras realizar un recuento en cámaras de Favati. Las heces deben extraerse

del recto, para evitar contaminaciones con nematodos de vida libre, y, además, deben ser tomadas de un número representativo de animales de rebaño (Díez Baños et al., 1999; Morrondo et al., 2019). Así, esta técnica presenta una sensibilidad elevada y cercana al (90%) (Carrau et al., 2021). Al interpretar los resultados de esta técnica, se debe considerar que el número de L1 observado en las heces no se relaciona directamente con la carga parasitaria (Pugh y Baird, 2012). Además, la ausencia de L1 en heces no siempre indica la negatividad del individuo, ya que puede haberse realizado el análisis antes de la reproducción de los adultos (durante el periodo de prepatencia), o estos pueden parar de reproducirse en algún momento (Díez Baños et al., 1999).

Además, la técnica de Baermann-Wetzel, también se puede emplear en el diagnóstico *post mortem*, realizándola con tejido pulmonar. Se ha comprobado que, utilizando este tejido se puede detectar un mayor número de L1 que a partir de heces (Carrau et al., 2021).

- Técnicas serológicas: se han puesto a punto enzimoimmunoensayos (ELISA) permitiendo detectar anticuerpos de *D. filaria* en corderos a los 10 días PI (Joshi et al., 1984).

-

4.5 Control y prevención

Las medidas para el control y prevención de las bronconeumonías verminosas deben incluir la aplicación racional del uso de fármacos antihelmínticos combinada con un adecuado manejo de animales y pastos; para la dictiocaulosis es importante, además, la inducción de la inmunidad protectora (Díez-Baños et al., 1999; Shapiro, 2010).

4.5.2 Tratamiento antihelmíntico

Para alcanzar un correcto control de las infecciones por nematodos broncopulmonares, reduciendo progresivamente las cargas parasitarias y la contaminación ambiental, es necesario establecer programas de desparasitación, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis coprológicos, así como las condiciones epidemiológicas de cada región y explotación (Morrondo et al., 2019).

Existen numerosos fármacos disponibles para el tratamiento de las infecciones por nematodos broncopulmonares en pequeños rumiantes. Los fármacos de elección son derivados imidazotiazoles (levamisol), bencimidazoles (albendazol, fenbendazol, oxfendazol, mebendazol) y probencimidazoles (febantel, netobimín), conjuntamente con avermectinas y milbemicinas (ivermectina, doramectina, moxidectina). Se ha demostrado que estos fármacos son eficaces frente a las formas larvianas y adultos de *D. filaria*. Sin embargo, su eficacia contra los nematodos de la familia Protostrongylidae es menor (Díez-Baños et al., 2003; Kırçalı Sevimli et al., 2011).

En este sentido, López et al. (2010) tras tratar con tres fármacos diferentes (ivermectina, levamisol y albendazol) varios grupos de ovejas de Galicia infectadas naturalmente con protostrongídeos, observaron que ninguno de los tratamientos era totalmente eficaz para los protostrongídeos, en especial *M. capillaris*.

El control antiparasitario tradicional en Galicia consta de dos tratamientos, en primavera y en otoño, utilizando el grupo de bencimidazoles con objeto de eliminar las infecciones por nematodos gastrointestinales (López et al., 2010). Sin embargo, se ha comprobado que cabras parasitadas con *M. capillaris* requieren una dosis más alta del fármaco que la empleada para eliminar a los nematodos gastrointestinales (Richard y Cabaret, 1992), de modo que las dosis utilizadas por los ganaderos son ineficaces para el control de estos nematodos broncopulmonares. Otra investigación sugiere repetir el tratamiento, ya que a partir de los días 34 – 59 post tratamiento, pueden aparecer larvas de protostrongídeos en heces (McCraw y Menzies, 1986).

4.5.3 Medidas complementarias de control

Debido a su diferente ciclo biológico, las medidas complementarias de control de estos nematodos son diferentes. Así, para el control de las infecciones por protostrongídeos se deben implementar medidas para reducir las poblaciones de caracoles y babosas que actúan como HI, ya que las L3 sobreviven durante periodos prolongados en su pie. Sin embargo, la utilización de molusquicidas debe adoptarse con precaución, ya que suele implicar riesgos medioambientales (Díez-Baños et al., 2003; Malone, 2007). Además, en el Sur de Australia se utilizó quelato de hierro como molusquicida y comprobaron que la productividad de los corderos no mejoró con estos tratamientos adicionales, concluyendo que esta estrategia para el control de las infecciones por protostrongídeos no era eficaz a largo plazo (Hanks et al., 2021). Por todo ello, es recomendable modificar los hábitos del pasto, sobre todo, en las épocas de primavera-otoño y verano, que se consideran las épocas de mayor riesgo. También se deben adoptar otras medidas como separar a los animales jóvenes de los mayores en aquellas zonas de alto riesgo, además de evitar la coexistencia entre ovejas y cabras (García-Dios et al., 2021).

En el caso de las infecciones por *D. filaria*, se debe incidir en la presentación de pastos limpios, por lo menos para aquellos animales más jóvenes que salen por primera vez al pasto y, por lo tanto, presentan más receptibilidad. Esta medida debe complementarse con otras como limpieza de abrevaderos y zonas de reposo, además del drenaje de las zonas encharcadas. En áreas de riesgo se puede realizar rotación de pastos (Morrondo et al., 2019). Además, en ganado bovino se utiliza la inmunización artificial, vía oral, con dosis de 1000 L3 irradiadas (Deplazes et al., 2016).

Aunque, se ha demostrado, que los pequeños rumiantes adquieren cierta inmunidad protectora cuando se infectan por primera vez, y la aplicación de larvas irradiadas permite desarrollar un alto grado de resistencia a infecciones posteriores con *D. filaria* (Dhar y Sharma, 1981), actualmente no se dispone de vacunas para ganado ovino ni caprino (Deplazes et al., 2016).

5. OBJETIVOS

Los principales objetivos que se plantean en el estudio son los siguientes:

- 1º Determinar la prevalencia e intensidad de eliminación de L1 de los principales parásitos que afectan al aparato respiratorio (nematodos broncopulmonares) en diferentes explotaciones de ganado ovino y caprino de España.
- 2º Identificar los diferentes géneros y/o especies de nematodos broncopulmonares presentes.
- 3º Determinar los principales factores de riesgo, como la edad y la especie animal que influyen sobre la prevalencia de estas infecciones parasitarias.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Muestras incluidas en el estudio

Para la realización de este trabajo se obtuvieron 120 mezclas de heces (*pooles*) de un total de 82 explotaciones de ganado ovino y caprino de España (Figura 2). La mayoría de las muestras ($n = 91$) eran heces de oveja, 27 de cabra, mientras que 2 de las muestras incluían heces de las dos especies de pequeños rumiantes. Las muestras fueron recogidas por los veterinarios responsables de las explotaciones y enviadas en refrigeración al laboratorio de Enfermedades parasitarias del Grupo INVESAGA (Departamento Patología Animal, Facultad de Veterinaria de Lugo, USC).

En la mayoría de los casos (63/120) se recibió una única muestra por granja, compuesta por heces de animales de diferentes edades. De algunas granjas se recibieron muestras procedentes de varios lotes de animales de diferentes edades, que se clasificaron como:

- Cebo: animales de 40 - 80 días ($n=6$)
- Reposición: de 80 días - 2 años ($n =12$)
- Adultos: más de 2 años ($n =39$)

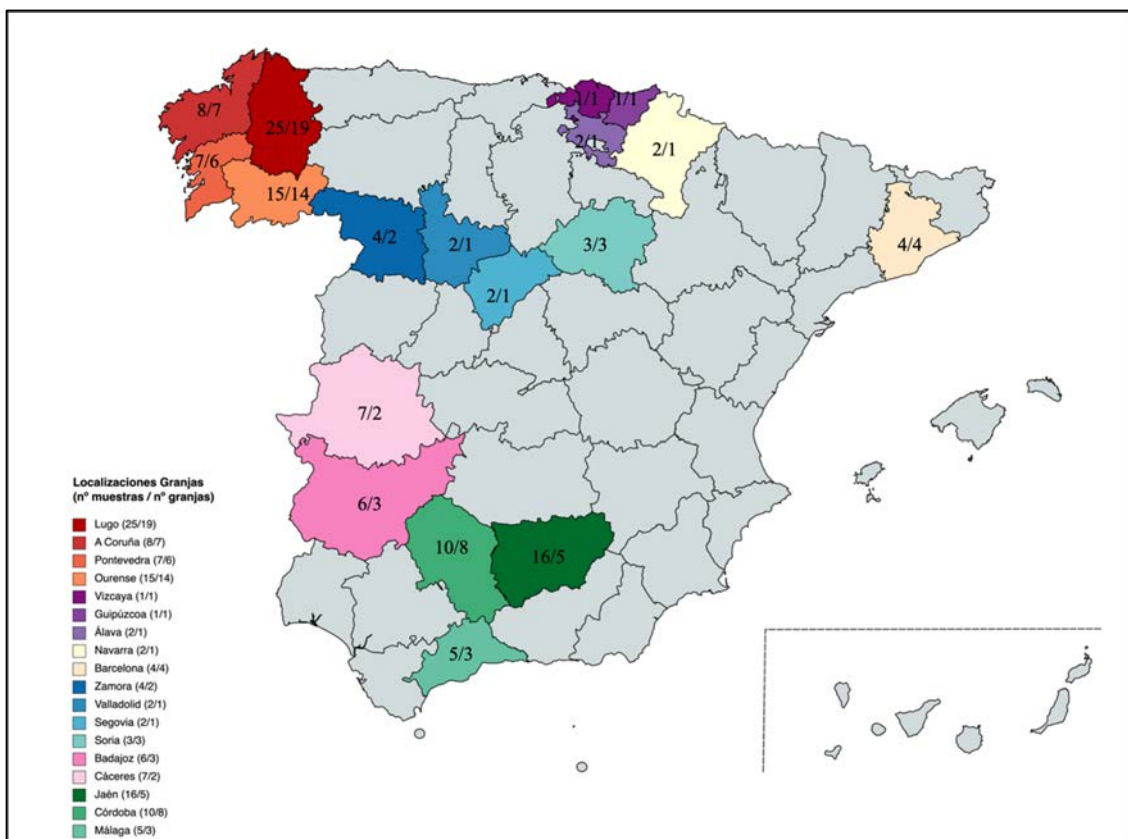


Figura 2. Provincias de procedencia de las muestras (nº de muestras / nº de granjas).

6.2 Análisis parasitológico

6.2.1 Detección y cuantificación de L1 de nematodos broncopulmonares

Las muestras se analizaron el mismo día que se recibieron, empleando la técnica de Baermann-Wetzel o de migración larvaria. Este método, descrito por Baermann (1917), aprovecha la tendencia hidrofílica de la mayoría de nematodos, además de la decantación de las L1 por gravedad (Bowman, 2011). Para ello se utiliza un aparato de Baermann (Figura 3), que consta de un embudo con un tubo de goma en su extremo final, que se cierra con una pinza.

Para realizar la migración larvaria, primeramente, se cerró la pinza y se llenó el embudo con agua tibia, ya que el calor estimula la movilidad de las larvas y favorece que salgan de la masa fecal. A continuación, se pesaron 10 gramos de heces de cada muestra fecal (*pool*), que se colocaron dentro de un filtro de tejido no tejido (NW-25 L, Filter-Lab, Barcelona), de modo que toda la muestra de heces quedara en contacto con el agua, pero no sumergida. Se esperaron 24 horas para que todas las larvas abandonaran la masa fecal y atravesaran el filtro (Figura 4); luego, por gravedad, se concentraron en el extremo final del aparato de Baermann.

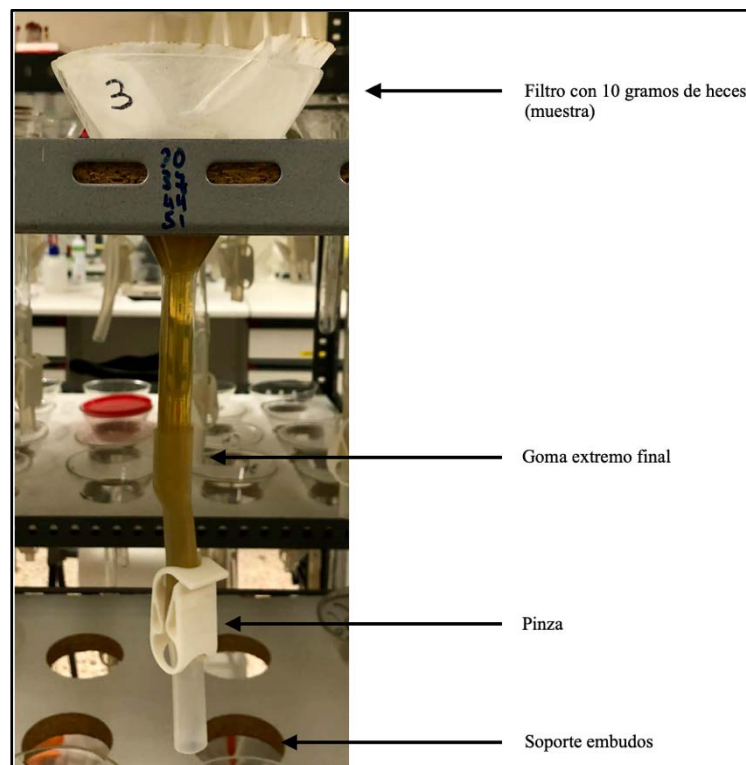


Figura 3. Aparato de Baermann.

Una vez transcurrido ese tiempo, se abrió la pinza y se llenó, con el primer líquido, un tubo de ensayo de 15 ml. Posteriormente este tubo se centrifugó a 170 x g en una centrífuga (P Centromix JP Selecta, Barcelona) para concentrar las larvas en el fondo, y con una bomba de

vacío se eliminó cuidadosamente el contenido líquido, sin remover el fondo, dejando aproximadamente 1 ml.

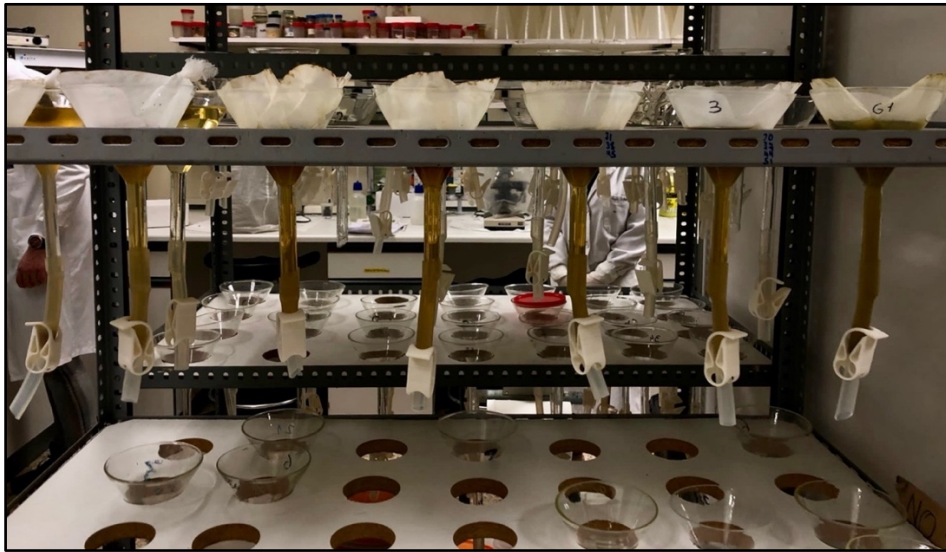


Figura 4. Técnica de migración larvaria. Aparatos de Baermann con las muestras.

Finalmente, la muestra se homogenizó y se observó al microscopio (Olympus CH2, Olympus, Tokio) a 40 aumentos empleando una cámara de Favati. Esta es una técnica cuantitativa pues, tras contar el número de L1 de las familias Dictyocaulidae y Protostrongylidae, se puede estimar la intensidad de eliminación de L1, expresada en larvas por gramo de heces (lpg), utilizando la siguiente fórmula:

$$lpg = \frac{\text{Número de L1 de nematodos broncopulmonares}}{10 \text{ gramos}}$$

Por lo tanto, para calcular las larvas por gramo de una muestra se realiza el recuento de los nematodos pulmonares presentes en la cámara de Favati y se divide entre la cantidad de heces presentes en la técnica de Baermann, en este estudio se utilizaron 10 gramos.

6.2.2 Detección y cuantificación de L1 de nematodos broncopulmonares

En cada una de las muestras positivas frente a protostrongílidos se identificó el género/s presente/s en un máximo de 100 L1. Para ello, con una pipeta Pasteur, se colocó una gota de la muestra que contenía las L1 sobre un portaobjetos, y se añadió una pequeña cantidad de una solución de lugol doble, que mata las L1 y las tiñe, favoreciendo la identificación de las diferentes estructuras. Tras colocar un cubreobjetos, las L1 se identificaron morfológicamente a 400 aumentos empleando un microscopio de contraste de fases (Olympus CX-23, Olympus, Tokio).

Para la identificación de los diferentes géneros/especies de nematodos broncopulmonares de los pequeños rumiantes se emplearon las claves de (Van Wyk et al., 2004) (Tabla 4, Figura 5).

Tabla 4. Características morfológicas de interés para identificar los géneros/especies de las L1 de protostrongílidos.

Género/Especie	Características
<i>Protostrongylus spp.</i>	Extremo distal prolongado, acaba en forma de bayoneta
<i>Muellerius capillaris</i>	Extremo distal ondulado, con una espina en la porción distal
<i>Cystocaulus ocreatus</i>	Extremo final ondulado, terminado en forma afilada. Presenta tres espinas
<i>Neoststrongylus linearis</i>	Extremo posterior afilado, presenta cuatro espinas

Como se observa en la Figura 5, la morfología del extremo posterior de la L1 es de gran interés para identificar las diferentes especies/géneros de nematodos broncopulmonares. Sin embargo, *D. filaria*, presenta un botón cefálico, una protuberancia presente en la parte anterior de la L1, y también muestra su intestino con contenido granuloso (Jacobs et al., 2016), (Figura 5).

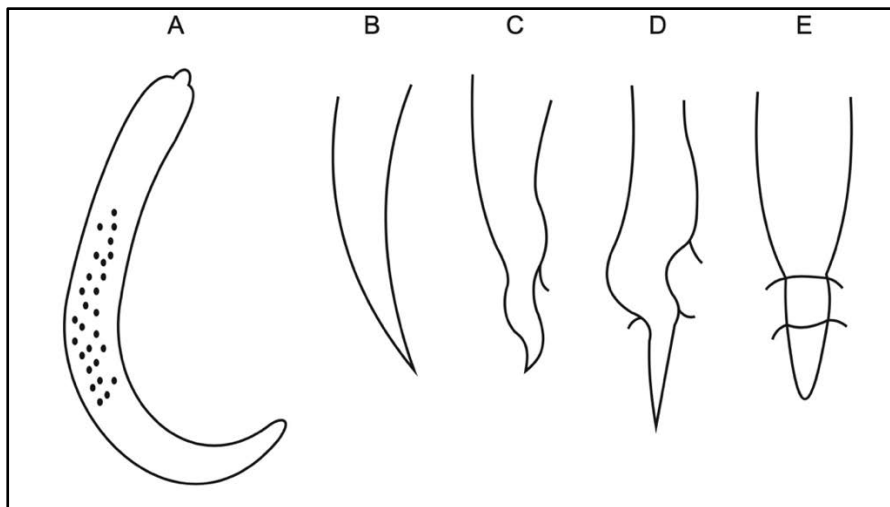


Figura 5. Características morfológicas de interés para identificar los géneros/especies de las L1 de los diferentes nematodos broncopulmonares. A) *D. filaria* B) *Protostrongylus spp.* C) *M. capillaris* D) *C. ocreatus* E) *N. linearis*.

En cada una de las muestras, las cinco primeras L1 de cada género/especie identificadas, se midieron empleando una cámara Olympus EP50 (Olympus, Münster, Alemania) y su software de edición de imágenes.

6.3 Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron empleando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS Statistics Inc., Chicago, Illinois, EE.UU.).

Para estimar la intensidad de eliminación de larvas de primer estadio, se empleó la media aritmética como medida de tendencia central y desviación estándar como medida de dispersión. Además, la distribución de la longitud total de las diferentes especies de nematodos broncopulmonares identificadas se representó mediante un diagrama de cajas que muestra la dispersión de las medidas empleando la mediana, los percentiles 25 y 75 y los valores máximos y mínimos.

Para determinar la presencia de diferencias significativas en longitud total de las L1 de las diferentes especies de nematodos broncopulmonares identificadas, se empleó un test ANOVA. Posteriormente, la presencia de diferencias en la longitud total de las L1 de las especies de nematodos broncopulmonares identificadas se analizó comparándolas 2 a 2 con el test HSD de Tukey.

En el análisis de riesgos, la posible influencia de la especie animal sobre el porcentaje de muestras positivas se investigó empleando un test exacto de Fisher. Del mismo modo, la posible influencia de la edad de los animales sobre el porcentaje de muestras positivas se analizó empleando una prueba Chi – cuadrado.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Porcentaje de muestras positivas

Al analizar el número de muestras en las que se hallaron L1 de nematodos broncopulmonares, se observó que 59 de las 120 muestras fecales examinadas fueron positivas (Figura 6). Al considerar las dos familias de nematodos broncopulmonares que afectan a los pequeños rumiantes, se apreció que la familia Protostrongylidae (55/120) fue mucho más prevalente que la representante de la familia Dictyocaulidae, *D. filaria* (10/120).

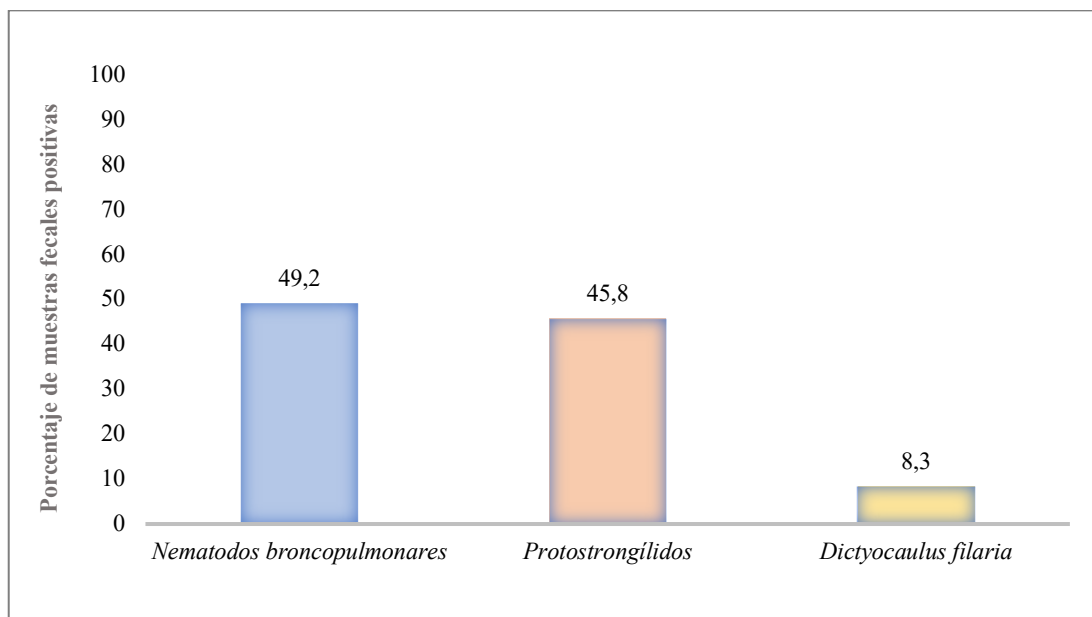


Figura 6. Porcentaje de muestras fecales de pequeños rumiantes de España positivas a nematodos broncopulmonares.

Los resultados obtenidos en este trabajo no pueden compararse directamente con los hallados en estudios de prevalencia individual, pues se analizaron mezclas de heces, que subestiman el porcentaje de infección cuando la prevalencia intra-rebaño es baja y viceversa (Christensen y Gardner, 2000); sin embargo, es interesante señalar que fueron superiores a los hallados por López et al. (2011), donde el 11, 6% de los ovinos gallegos fueron positivos a protostrongílidos, e inferiores a los obtenidos en ovejas del este de España (72,4%; Garijo et al., 2009). Además, todos los estudios realizados en ganado caprino muestran mayores tasas de positividad, lo que podría deberse a que presentan una mayor susceptibilidad a la infección (García-Dios et al., 2021). Así, los resultados obtenidos en Castilla La Mancha (Astiz et al., 2000) y Galicia (Béjar et al., 2014) muestran que el 81,7% y el 89,2% de los animales fueron positivos

a nematodos broncopulmonares, respectivamente, siendo más prevalentes los protostrongídeos (81% y 88,9% respectivamente) que *D. filaria* (10% y 14%).

Cuando se estudió la intensidad de eliminación de L1, se constató que los recuentos medios de L1 de protostrongídeos fueron moderados (40,0 lpg), con una desviación estándar de 70,4 y un rango de 0,1-284,4 lpg. Por el contrario, en las muestras positivas a *D. filaria* se hallaron un menor número de larvas, pues la eliminación media fue de 0,4 lpg, con una desviación estándar de 0,4 y un rango muy estrecho (0,1-1,4 lpg). Estos resultados coinciden con los señalados en estudios previos realizados en pequeños rumiantes de nuestro país, y confirman que los recuentos de L1 de protostrongídeos son muy superiores a los de *D. filaria*. Así, por ejemplo, la eliminación media de L1 de protostrongídeos hallada en cabras de la Comunidad de Castilla La Mancha fue de 727 lpg, (Astiz et al., 2000), mientras que en ovino y caprino de Galicia fue de 283 lpg (Cienfuegos et al., 2009), muy superior a las cifras de eliminación media para *D. filaria* (12,5 lpg). Estas diferencias también pueden deberse a que las cabras eliminan más L1 de nematodos broncopulmonares que las ovejas (García-Dios et al., 2021).

Al considerar la importancia de los nematodos broncopulmonares en las granjas de pequeños rumiantes de España, se observó que estos parásitos están muy extendidos por todo el país, pues 49 explotaciones de un total de 82 fueron positivas (Figura 7).

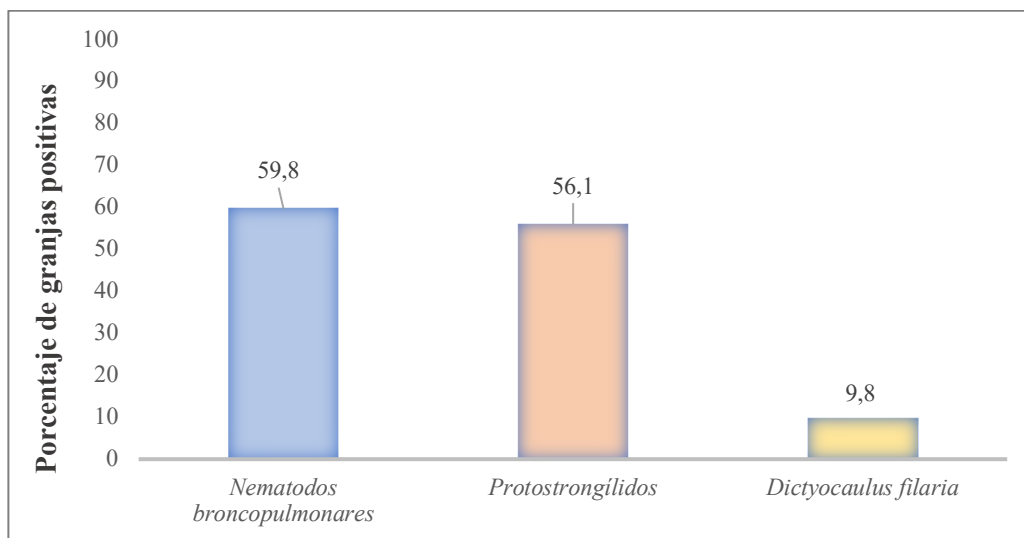


Figura 7. Porcentaje de granjas de pequeños rumiantes de España positivas a nematodos broncopulmonares.

En la mayoría ($n=46$) se identificaron L1 de protostrongídeos, mientras que la presencia de *D. filaria* solo se observó en 8 rebaños. La amplia diseminación de los protostrongídeos sugiere que las condiciones climáticas son adecuadas para el desarrollo y supervivencia de las L1 y de los hospedadores intermediarios de estos nematodos, así como las condiciones de manejo de

animales y pastos; esto podría estar relacionado con el hecho de que las fases larvarias y los numerosos hospedadores intermediarios de las diferentes especies de nematodos broncopulmonares presentan diferentes requisitos de temperatura y humedad (Díez-Baños et al., 1999; Morrondo et al., 2019). Además, estos datos podrían reflejar que los programas de desparasitación que se llevan a cabo en los rebaños de ovino y caprino están siendo de escasa eficacia (López et al., 2010).

El porcentaje de granjas positivas es similar al señalado por López et al. (2011), quienes encontraron animales infectados con protostrongílidos en el 67,6% de los rebaños. De igual modo, Díez-Baños et al. (2006), analizaron *pooles* de muestras obteniendo una prevalencia por explotación del 46,69% para protostrongílidos y del 16,86% para *D. filaria*. Estos resultados fueron similares a los hallados por Cienfuegos et al. (2009), encontrando un 46,7% y un 19,8% de las explotaciones positivas a protostrongílidos y *D. filaria*, respectivamente. Sin embargo, las prevalencias fueron muy superiores en el ganado caprino gallego, pues Béjar et al. (2014) detectaron un 89,7% de las granjas parasitadas con protostrongílidos y un 4,4% con *D. filaria*.

7.2 Géneros y especies de nematodos broncopulmonares identificados

Teniendo en cuenta sus características morfométricas, se identificaron 5 géneros/especies de nematodos broncopulmonares, incluyendo *D. filaria* (Figura 8) y los protostrongílidos *Cystocaulus ocreatus*, *Muellerius capillaris*, *Neostongylus linearis* y *Protostrongylus* spp. (Figura 9).

Como se puede observar en la Figura 8, la L1 de *D. filaria* es fácilmente reconocible, además de por su gran tamaño, por la presencia de un botón cefálico en el extremo anterior y la forma redondeada de su extremo posterior.

La L1 de los protostrongílidos presentaron mayores similitudes: la L1 de *C. ocreatus* presentó un extremo distal ondulado, con tres espinas, que terminan de forma afilada (Fig. 9a), siendo similar al de *M. linearis* que también es ondulado, aunque en forma de “S”, presentando una sola espina (Fig. 9d). Por el contrario, la parte final de la L1 de *N. linearis* es, al principio, corta y rectangular, terminando en forma alargada y puntiaguda, con cuatro espículas (Fig. 9c). Finalmente, las L1 de *Protostrongylus* spp. fueron más fáciles de identificar, pues su extremo es recto y afilado, y no presenta espinas (Fig. 9b).

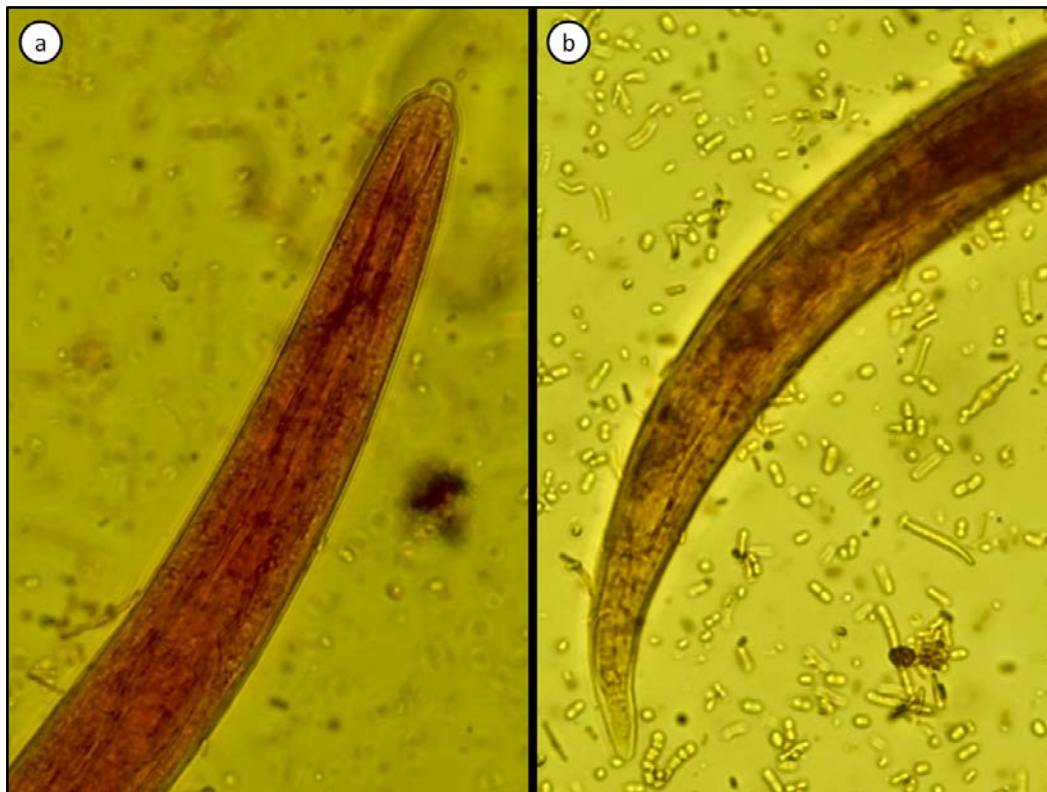


Figura 8. Extremo anterior (a) y posterior (b) de la larva de primer estadio de *Dictyocaulus filaria*.

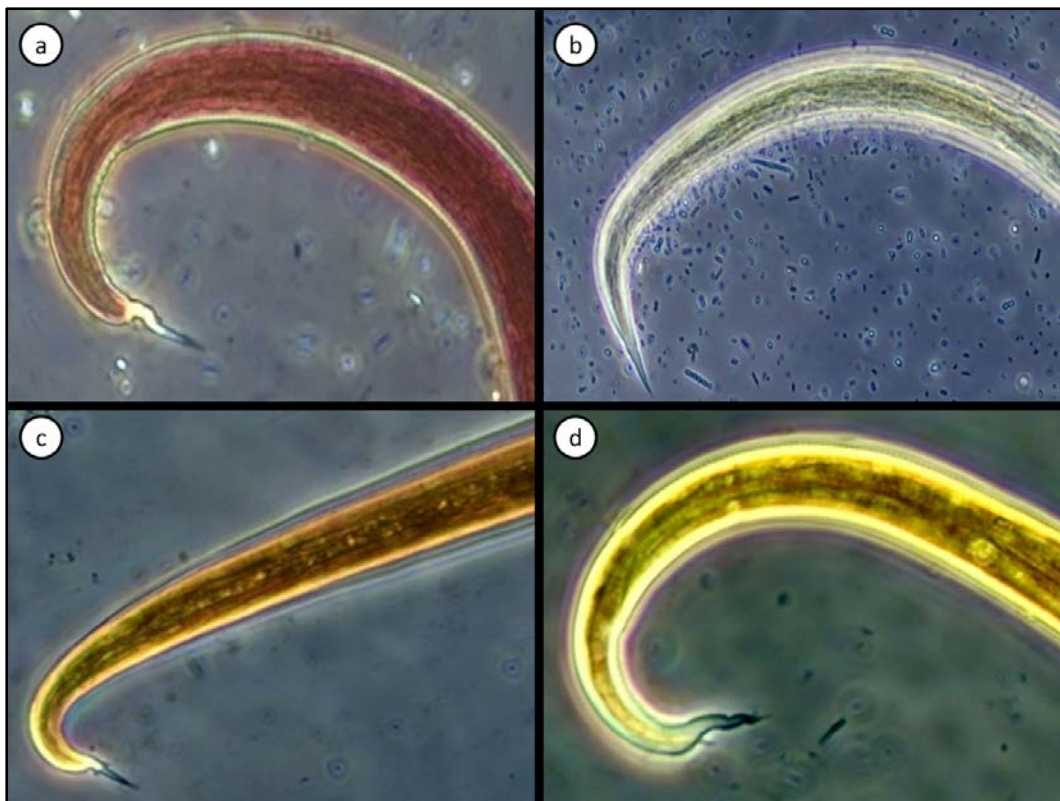


Figura 9. Extremos posteriores de las larvas de primer estadio de *C. ocreatus* (a), *Protostrongylus* spp. (b), *N. linearis* (c) y *M. capillaris* (d).

Aunque la identificación genérica o específica es relativamente sencilla con un poco de experiencia, la medición de las larvas para su identificación resultó de gran utilidad en algunos casos donde los detalles del extremo final no se apreciaban de forma clara. Así, las L1 de mayor tamaño fueron las de *D. filaria*, seguidas de las *C. ocreatus*, *Protostrongylus* spp. y *N. linearis*; las L1 de *M. capillaris* resultaron las más pequeñas (Tabla 5).

Tabla 5. Medidas de las L1 de los géneros/especies de nematodos broncopulmonares identificados en ganado ovino y caprino de España.

Género/Especie	Nº L1 medidas	Tamaño medio (µm)	Desviación estándar	Rango (µm)
<i>Cystocaulus ocreatus</i>	48	427,3	17,1	382,3–457,5
<i>Muellerius capillaris</i>	103	298,4	16,3	263,7–331,2
<i>Neostrongylus linearis</i>	16	353,2	30,8	297,0–404,0
<i>Protostrongylus</i> spp.	16	381,6	38,4	311,2–432,7
<i>Dictyocaulus filaria</i>	22	611,4	29,2	549,1–665,0

Estos resultados fueron similares a los valores de longitud total obtenidos previamente por Van Wyk et al. (2004), aunque los rangos obtenidos en este trabajo fueron, por lo general, mucho más estrechos. Así, estos autores determinaron que las L1 de *C. ocreatus* eran las de mayor tamaño (280 – 480 µm), seguidas por las de *Protostrongylus* spp (350 – 390 µm), *N. linearis* (240 – 330 µm) y *M. capillaris* (250 – 320 µm). Los resultados obtenidos por Díez-Baños et al. (2003), también fueron similares a los de este estudio, pues determinaron que las L1 de *C. ocreatus* eran las de mayor tamaño (380 – 480 µm), seguidas de *Protostrongylus* spp (370 – 400 µm), de *N. linearis* (300 – 350 µm) y, por último, *M. capillaris* (250 – 280 µm), con esta última especie, es con la que se aprecia la mayor diferencia, presentando en este estudio mayor valor y mayor rango. Para *D. filaria*, Zajac et al. (2021), establecieron un rango más estrecho que en este estudio (550 – 580 µm). Las diferencias en el rango de longitud de las L1 del género *Protostrongylus* se puede deber a la identificación de diversas especies entre estudios, que muestren a su vez diferente tamaño. Por ejemplo, Oliveira et al., (2019) señalan que la L1 de *Protostrongylus rufescens* mide entre 287 y 391 micras, y para las L1 de *Protostrongylus stilesi*, Kutz et al., (2001) apuntaron que miden 364 µm.

Las diferencias observadas se aprecian mejor en el siguiente diagrama de cajas (Figura 10), que representa la distribución de la longitud total de las L1 de los diferentes nematodos broncopulmonares identificados.

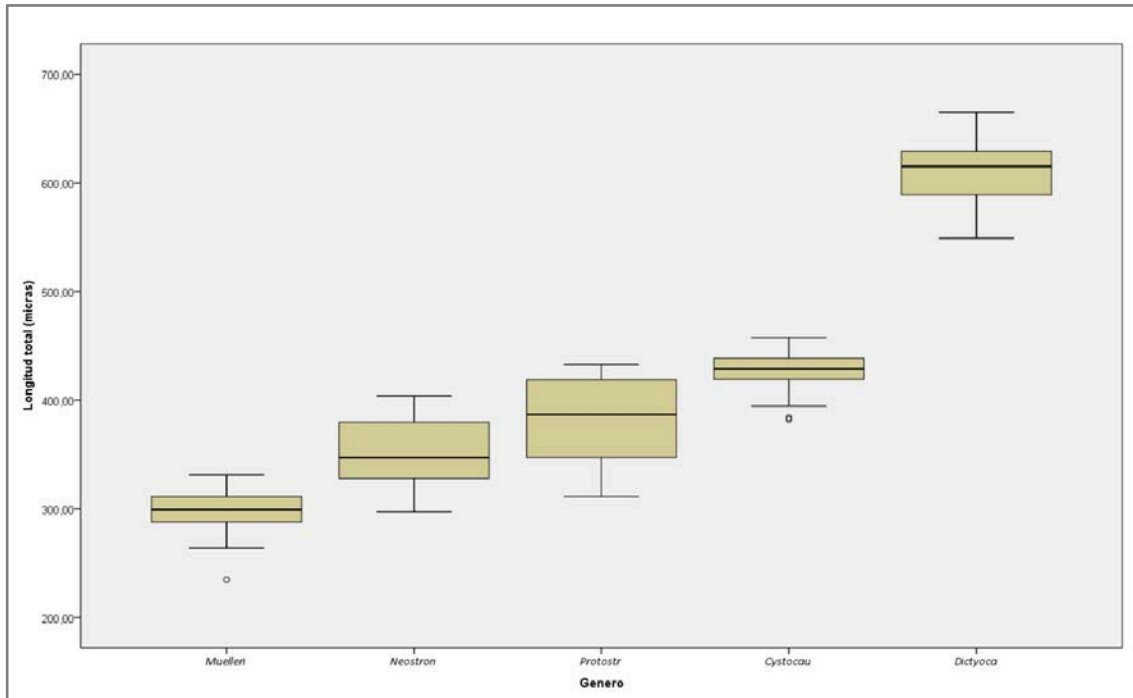


Figura 10. Diagrama de cajas que representa la distribución de la longitud de las L1 de los diferentes nematodos broncopulmonares identificados.

Con el test Anova se comprobó que las diferencias observadas en la longitud total de L1 de las diferentes especies de nematodos broncopulmonares eran estadísticamente significativas ($F = 1036,30$; $p < 0,001$). Cuando las medidas de longitud total de las diferentes especies de nematodos broncopulmonares se compararon entre ellas dos a dos con la prueba HSD de Tukey, se comprobó que existían diferencias estadísticamente significativas en todas ellas (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de error estándar y p tras comparar las longitudes de las L1 de los diferentes géneros/especies de nematodos broncopulmonares con la prueba HSD de Tukey.

	<i>C. ocreatus</i>	<i>D. filaria</i>	<i>M. capillaris</i>	<i>N. linearis</i>	<i>Protostrongylus</i> spp.
<i>C. ocreatus</i>		5,61; $p < 0,001$	3,81; $p < 0,001$	6,29; $p < 0,001$	6,29; $p < 0,001$
<i>D. filaria</i>			5,12; $p < 0,001$	7,17; $p < 0,001$	7,17; $p < 0,001$
<i>M. capillaris</i>				5,86; $p < 0,001$	5,86; $p < 0,001$
<i>N. linearis</i>					7,71; $p = 0,003$
<i>Protostrongylus</i> spp.					

7.2.1 Porcentajes de muestras y granjas positivas

Al analizar el porcentaje de muestras y rebaños positivos a cada uno de los diferentes géneros/especies de nematodos broncopulmonares, se observó que *M. capillaris* fue la especie más frecuente, seguida, con mucha diferencia por *D. filaria*, *C. ocreatus* y *N. linearis*; *Protostrongylus* spp. se halló en un reducido número de muestras y explotaciones (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de muestras y granjas de ovino y caprino de España positivas a los diferentes géneros/especies de nematodos broncopulmonares.

Género/Especie	Muestras positivas	Granjas positivas
<i>Cystocaulus ocreatus</i>	10/120 (8,3%)	7/82 (8,5%)
<i>Dictyocaulus filaria</i>	10/120 (8,3%)	8/82 (9,8%)
<i>Muellerius capillaris</i>	52/120 (43,3%)	45/82 (54,9%)
<i>Neostrongylus linearis</i>	7/120 (5,8%)	6/82 (7,3%)
<i>Protostrongylus</i> spp.	4/120 (3,3%)	3/82 (3,7%)

Al analizar la presencia de los diferentes géneros/especies por comunidades autónomas, se comprobó que *M. capillaris* era la más frecuente de todas ellas, aunque su importancia con respecto al resto de géneros/especies fue mayor en las regiones del norte del país (Tabla 8). Además, *C. ocreatus* fue especialmente prevalente en el sur de España. Llama la atención la ausencia de muestras positivas frente a nematodos broncopulmonares en la región extremeña (Tabla 8). De todos modos, estos datos hay que interpretarlos con cautela debido al reducido número de *pooles* que se analizaron en algunas zonas, especialmente en Cataluña y País Vasco/Navarra.

Tabla 8. Número de muestras de ovino y caprino positivas a los diferentes géneros/especies de nematodos broncopulmonares al considerar la comunidad autónoma.

Género/Especie	Andalucía	Castilla y León	Cataluña	Extremadura	Galicia	País Vasco /Navarra
<i>C. ocreatus</i>	7/31	2/11	0/4	0/13	0/55	1/6
<i>D. filaria</i>	7/31	1/11	0/4	0/13	1/55	0/6
<i>M. capillaris</i>	8/31	1/11	3/4	0/13	35/55	5/6
<i>N. linearis</i>	4/31	2/11	0/4	0/13	0/55	1/6
<i>Protostrongylus</i> spp.	1/31	1/11	0/4	0/13	0/55	2/6

Nuestros resultados difieren a los encontrados previamente en otras regiones de España, pero, aún considerando el reducido número de muestras analizadas y que se recogieron mezclas fecales, se pueden observar ciertas similitudes. Por ejemplo, *C. ocreatus* parece ser especialmente prevalente en el sur de España, coincidiendo con estudios previos realizados en ovino de Murcia, donde Garijo et al. (2009) observaron el predominio de *C. ocreatus* (67,7%), seguida de *N. linearis* (63%), *M. capillaris* (42,5%), *D. filaria* (7,7%) y *Protostrongylus rufescens* (4,7%). Del mismo modo, en cabras salvajes de Sierra Nevada, *C. ocreatus* fue la especie más prevalente junto con *M. capillaris* (44% cada una), seguidas de *Protostrongylus* spp. (40%), y *D. filaria* 4% (Alasaad et al., 2009). Por el contrario, en Castilla La Mancha, una región localizada en el centro

del país de la que no disponemos muestras, Astiz et al. (2000) hallaron que el 73,3% de las cabras estaban parasitadas con *M. capillaris*, un 18,6% de *N. linearis*, un 13,3% de *Protostrongylus* spp. y un 10% de *D. filaria*; sin embargo, no se identificaron ninguna L1 de *C. ocreatus* en ningún animal.

También llama la atención el claro predominio de *M. capillaris* en el norte de España, coincidiendo con estudios previos realizados en la comunidad gallega. Así, López et al. (2011) encontraron que el 97,9% de los ovinos gallegos eliminaban L1 de *M. capillaris* y el 5,4% de *N. linearis*. En ganado caprino, Béjar (2017) observó que el 100% de los animales positivos a nematodos broncopulmonares lo eran para *M. capillaris*, un 4,5% para *N. linearis* y un 0,3% para *C. ocreatus*.

Diversos autores señalan que las diferencias de prevalencia de las distintas especies de nematodos broncopulmonares pueden estar relacionadas con los tratamientos antihelmínticos empleados de manera rutinaria en pequeños rumiantes (López et al., 2011; Calvo, 2021); de esta manera, los programas de desparasitación suelen centrarse en otros parásitos como nematodos gastrointestinales y trematodos, de forma que no son completamente eficaces para los protostrongílidos, y especialmente frente a *M. capillaris* por su localización profunda en el parénquima pulmonar (López et al., 2011). Por ello, el predominio de *M. capillaris* en este estudio podría ser el resultado de una selección progresiva tras años de tratamientos poco eficaces para esta especie de protostrongílido. Además, en la especie caprina, este hecho puede estar relacionado con el reducido número de fármacos con registro sanitario para esta especie y de la correcta información acerca de la dosis de estos fármacos (López et al., 2010)

7.3 Asociaciones

También se estudió la posible asociación entre diferentes géneros/especies de nematodos broncopulmonares en el ganado ovino y caprino, y se observó que, en la mayoría de las muestras, se identificó un único género/especie, aunque también se hallaron infecciones mixtas, hasta un máximo de 5 géneros/especies, en el 26% de las muestras analizadas (Figura 11; Tabla 9).

Nuestros resultados coinciden con los señalados por Astiz et al. (2000), quienes observaron que las infecciones simples eran predominantes (59% de las muestras) sobre las dobles (32%) y las triples (10%), aunque no encontraron más de tres géneros/especies diferentes en una misma muestra.

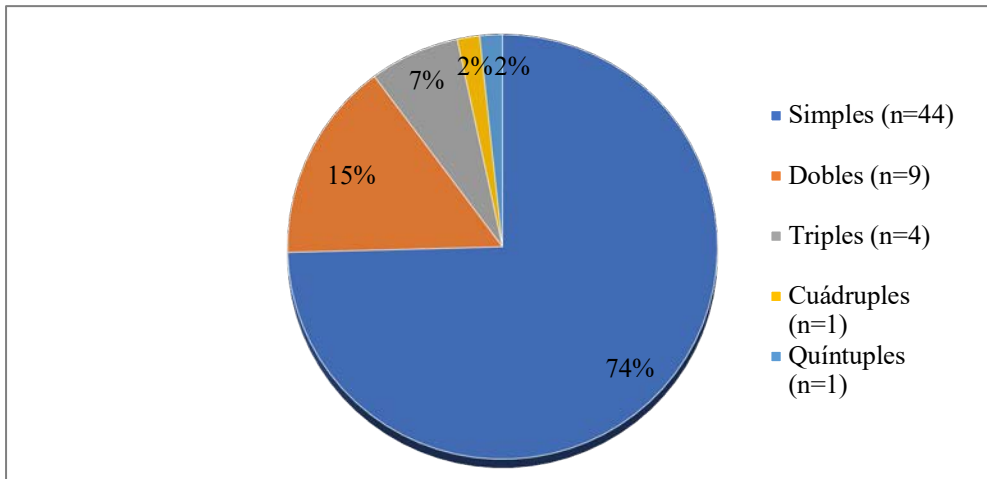


Figura 11. Importancia de las diferentes asociaciones entre géneros/especies de nematodos broncopulmonares de los pequeños rumiantes en España.

Por el contrario, otros autores constataron que las infecciones mixtas eran más prevalentes. Garijo et al. (2009) observaron que las infecciones simples constituyeron únicamente 24,4%, siendo especialmente frecuentes las dobles (54,5%), seguidas por las triples (36,4%), las cuádruples (8,1%) y las quintuples (1%). Del mismo modo, Alasaad et al. (2009) detectaron que las infecciones dobles eran las más prevalentes (37,5%), hallando hasta un máximo de tres géneros/especies en el 31,2% de las cabras montesas analizadas.

Tabla 9. Diferentes asociaciones entre géneros/especies de nematodos broncopulmonares de los pequeños rumiantes en España.

Simples (n= 44)	40 <i>M. capillaris</i>
	4 <i>D. filaria</i>
Dobles (n= 9)	3 <i>M. capillaris</i> + <i>C. ocreatus</i>
	2 <i>M. capillaris</i> + <i>N. linearis</i>
	1 <i>M. capillaris</i> + <i>Protostrongylus spp</i>
	1 <i>M. capillaris</i> + <i>D. filaria</i>
	1 <i>C. ocreatus</i> + <i>N. linearis</i>
	1 <i>C. ocreatus</i> + <i>D. filaria</i>
Triples (n= 4)	2 <i>M. capillaris</i> + <i>C. ocreatus</i> + <i>D. filaria</i>
	1 <i>M. capillaris</i> + <i>C. ocreatus</i> + <i>N. linearis</i>
	1 <i>M. capillaris</i> + <i>Protostrongylus spp</i> + <i>N. linearis</i>
Cuádruples (n= 1)	1 <i>C. ocreatus</i> + <i>Protostrongylus spp</i> + <i>N. linearis</i> + <i>D. filaria</i>
Quintuples (n= 1)	1 <i>M. capillaris</i> + <i>C. ocreatus</i> + <i>Protostrongylus spp</i> + <i>N. linearis</i> + <i>D. filaria</i>

Al realizar el estudio de las asociaciones originadas por diferentes géneros y/o especies de nematodos broncopulmonares, se puede apreciar que las agrupaciones más frecuentes fueron las integradas por *M. capillaris*, *C. ocreatus* y *D. filaria*, aunque se observaron numerosas combinaciones diferentes (Tabla 9). En este sentido, la mayoría de los autores señalan que es muy frecuente que los rebaños de ovejas y cabras se encuentren parasitados por varias especies de nematodos broncopulmonares a la vez (Astiz et al., 2000; Díez et al., 2006; Garijo et al., 2006; Cienfuegos et al., 2009; López et al., 2011; Béjar et al., 2014). Las asociaciones más frecuentes entre géneros/especies de nematodos broncopulmonares varían según el estudio; por ejemplo, en ganado ovino de la región de Murcia, las infecciones mixtas con *C. ocreatus*, *M. capillaris* y *N. linearis* eran las más frecuentes (Garijo et al., 2009), mientras que en cabras de Castilla La Mancha, predominaron infecciones por: *M. capillaris*, *N. linearis* y *Protostrongylus* spp (Astiz et al., 2000).

7.4 Análisis de factores de riesgo

Se estudió principalmente la influencia de dos factores de riesgo, la especie y la edad de los animales, sobre el porcentaje de parasitación con nematodos broncopulmonares. No se analizó la posible relación de estas variables con la intensidad de eliminación de L1, pues se carece de los datos para los diferentes géneros/especies de protostrongídeos.

7.4.1 Especie animal

En el análisis de la influencia de la especie animal sobre el porcentaje de infección por los diferentes géneros/especies de nematodos broncopulmonares, solo se incluyeron 118 muestras, pues dos de las mezclas fecales recibidas incluían heces de ovejas y de cabras. Así, se observó que el porcentaje de muestras de cabras positivas a nematodos broncopulmonares y a *M. capillaris* era significativamente superior ($p < 0,001$) al de ovejas, mientras que el resto de géneros/especies fueron más frecuentes en el ganado ovino, aunque las diferencias no fueron significativas en ningún caso ($p > 0,05$) (Tabla 10). Esto puede deberse al reducido número de muestras de ganado caprino incluidas en este trabajo.

A pesar de que en este estudio no se analizó la misma cantidad de muestras de ovejas ($n=91$) que de cabras ($n=27$), nuestros resultados confirman los obtenidos en estudios previos que concluyen que las cabras son más propensas que las ovejas a estar infectadas por nematodos broncopulmonares, especialmente protostrongídeos (Calvo, 2021; García-Dios et al., 2021), siendo la prevalencia y la intensidad de infección superior en el ganado caprino (Berrag y Urquhart, 1996; Alemu et al., 2006; López et al., 2011).

Tabla 10. Porcentaje de muestras positivas a nematodos broncopulmonares al considerar la especie animal.

Especie	Ovino	Caprino	χ^2	Fisher
<i>C. ocreatus</i>	10/91 (11,0%)	0/27 (0%)	3,242; p= 0,072	p= 0,114
<i>D. filaria</i>	10/91 (11,00%)	0/27 (0%)	3,242; p= 0,072	p= 0,114
<i>M. capillaris</i>	26/91 (28,6%)	24/27 (88,9%)	31,024; p< 0,001	p< 0,001
<i>N. linearis</i>	6/91 (6,6%)	1/27 (3,7%)	0,312; p= 0,577	p= 1,000
<i>Protostrongylus spp</i>	2/91 (2,2%)	2/27 (7,4%)	1,726; p= 0,189	p= 0,224
N. broncopulmonares	33/91 (36,3%)	24/27 (88,9%)	23,092; p< 0,001	p< 0,001

La mayor presencia de *D. filaria* en ovejas se podría relacionar por la preferencia de los ovinos por la vegetación herbácea, ingiriendo así con mayor facilidad las L3 de *D. filaria*; por el contrario, las cabras suelen ramonear y presentan menor selectividad a la hora de ingerir el alimento, lo que facilita la ingestión de los moluscos, hospedadores intermediarios de los protostrongílidos, y, por tanto, incrementaría la probabilidad de que se infectaran con estos nematodos (López et al., 2011).

La mayor prevalencia de protostrongílidos observada en cabras, podría, además, estar relacionada con diferencias en la inmunidad desarrollada tras la infección por estos parásitos, lo que los haría más susceptibles. Así, Berrag y Urquhart (1996) señalaron que las ovejas presentan una mayor resistencia a las infecciones por estos nematodos que las cabras y Sauerländer (1988) demostró que la resistencia a una infección experimental con *M. capillaris* era más alta en las ovejas. Además, Nimmo (1979) constató que las cabras infectadas naturalmente con *M. capillaris* presentaban lesiones pulmonares con un patrón más difuso que las lesiones nodulares observadas normalmente en las ovejas.

7.4.2 Edad

Para analizar la posible influencia de la edad sobre la presencia de nematodos broncopulmonares se incluyeron solo 57 muestras, pues las restantes incluían heces de animales pertenecientes a diferentes grupos de edad. Se observó que el porcentaje de muestras positivas se incrementó con la edad, siendo mínimo en los animales de cebo (1/6; 16,7%) y aumentando en los de reposición (4/12; 33,3%), siendo máximo en los animales adultos (17/39; 43,6%). Sin embargo, con chi-cuadrado, se constató que las diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$).

En la Figura 12 se representa cómo varían los porcentajes de infección con los diferentes géneros/especies de protostrongílidos, donde se puede comprobar que éstos se incrementan con la edad, a excepción de *Protostrongylus spp.*; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas en ningún caso ($p > 0,05$).

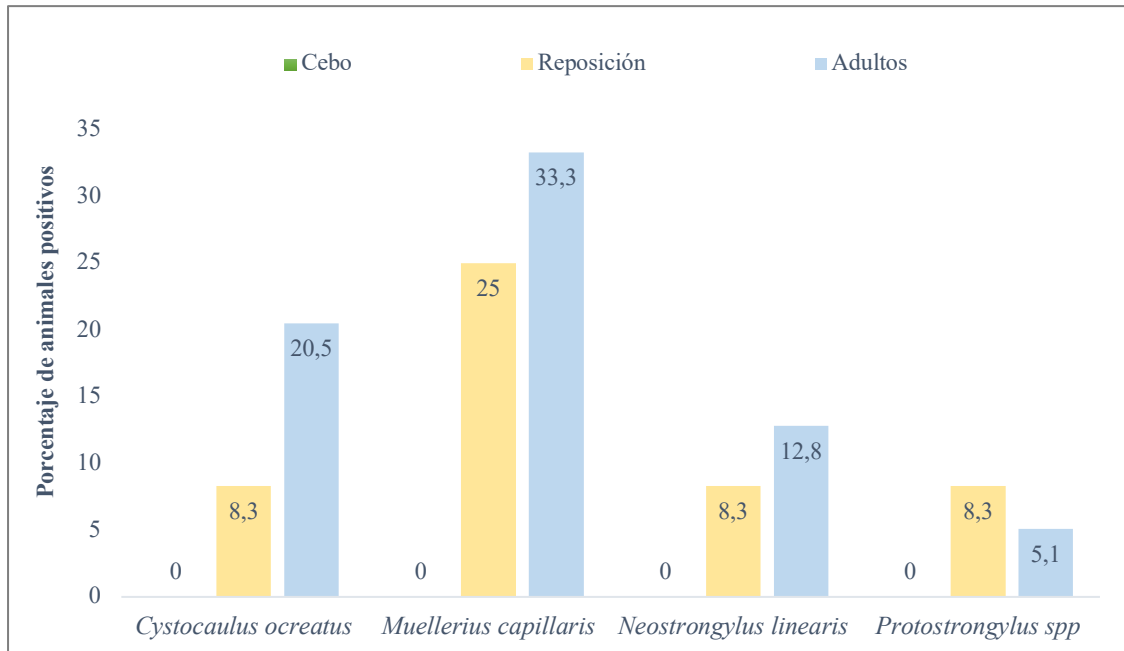


Figura 12. Porcentaje de grupos de edad de pequeños rumiantes en España positivos a los diferentes géneros de Protostrongílidos.

Nuestros resultados se corresponden con trabajos previos que señalan que los pequeños rumiantes no desarrollan una respuesta inmunitaria protectora tras infectarse con nematodos de la familia Protostrongylidae; por ello, a mayor edad, mayor probabilidad de infectarse, lo que se traduce en mayores tasas de prevalencia y mayor recuento larvario (Alemu et al., 2006; López et al., 2011). En este sentido, Regassa et al. (2010) observaron que las ovejas de tres años son las que presentan la prevalencia más alta de la parasitación con protostrongílidos.

Ocurre lo contrario con *D. filaria*, los animales en cebo presentan una mayor prevalencia que los de reposición y adultos (Figura 13), aunque las diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$). Nuestros datos concuerdan con investigaciones previas que señalan que la carga parasitaria de *D. filaria* disminuye con la edad (Ayalew et al., 1973). Esto puede deberse a que los adultos desarrollan una respuesta inmunitaria protectora tras infectarse con las L3; como los individuos jóvenes carecen de ésta, estarán más parasitados (Yunus et al., 2017). La respuesta inmunitaria protectora se induce cuando los animales se infectan por primera vez. El grado de inmunidad depende del número de L3 ingeridas, siendo la inmunidad más fuerte cuando el animal ingiere de forma repetida pequeños números de L3. En los animales adultos, la dictiocaulosis aparece cuando los animales inmunizados tardan mucho tiempo en volver a ingerir las larvas infectantes y se exponen a cantidades muy altas (Díez-Baños et al., 1999).

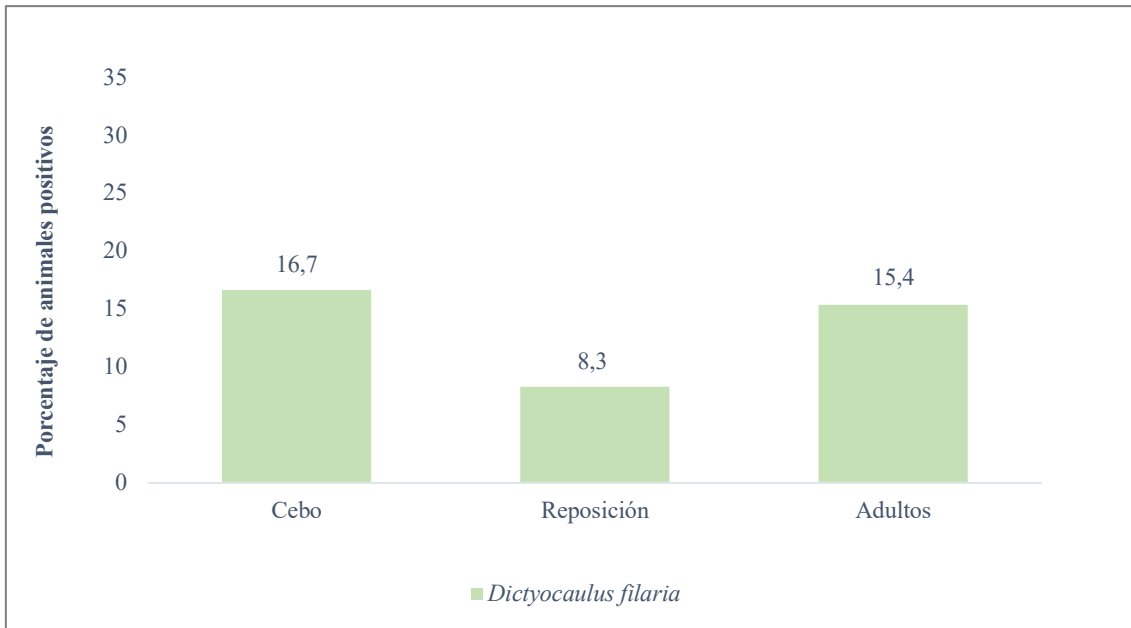


Figura 13. Porcentaje de grupos de edad de pequeños rumiantes en España positivos a *Dictyocaulus filaria*.

8. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en dicho estudio nos han permitido extraer las siguientes conclusiones:

1. Las infecciones por nematodos broncopulmonares, especialmente protostrongílidos, están ampliamente diseminadas en las granjas de pequeños rumiantes de toda la península.
2. El ganado ovino y caprino de España está parasitado por una amplia variedad de géneros/especies de nematodos broncopulmonares, pues se han identificado 5 diferentes: *Muellerius capillaris*, *Cystocaulus ocreatus*, *Neostongylus linearis*, *Protostrongylus* spp. y *Dictyocaulus filaria*.
3. Aunque las infecciones con un único género/especie de nematodo broncopulmonar son lo más común, en un porcentaje amplio de muestras, se identificaron infecciones mixtas, de hasta 5 géneros/especies diferentes.
4. *Muellerius capillaris* es el nematodo más frecuente en ganado ovino y caprino de España, especialmente en el norte del país. Esto podría deberse a la implementación de protocolos de desparasitación rutinarios que emplean fármacos y pautas poco eficaces para el tratamiento de las infecciones por *M. capillaris*, que darían como resultado una selección progresiva de este nematodo.
5. Aunque la identificación microscópica de las L1 de nematodos broncopulmonares es relativamente sencilla para alguien con experiencia, la medición de la longitud total de estas formas larvianas puede ser muy útil en la identificación de los casos dudosos.
6. El ganado caprino es significativamente más propenso a la infección por *M. capillaris* que las ovejas. Esto puede deberse al desarrollo de una respuesta inmunitaria menos intensa tras la infección por estos parásitos, así como a la menor selectividad que presentan las cabras a la hora de escoger el alimento, lo que incrementaría la probabilidad de ingestión de moluscos terrestres que actúan como hospedadores intermediarios de estos nematodos.

7. El porcentaje de infección por protostrongídeos aumentó, por lo general, con la edad de los animales, siendo los resultados significativos para *M. capillaris*. Esto se debe a que los pequeños rumiantes no desarrollan una respuesta inmunitaria protectora tras infectarse con nematodos de la familia Protostrongylidae y, por ello, a mayor edad, mayor probabilidad de estar infectado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Adem, J. (2016). Lung worm infection of small ruminant in Ethiopia. *World Journal of Pharmaceutical Life Science WJPLS*, 2(3), 22-43. https://www.researchgate.net/publication/303700700_LUNGWORM_INFECTIION_OF_SMALL_RUMINANT_IN_ETHIOPIA_A_REVIEW_World_Journal_of_Pharmaceutical_and_Life_Sciences_WJPLS_wwwwjplsorg_SJIF_Impact_Factor_3347_Corresponding_Author.
- Alasaad, S., Morrondo, P., Dacal-Rivas, V., Soriguer, R., Granados, J., Serrano, E., Zhu, X., Rosis, L., Pérez, J. (2009). Bronchopulmonary nematode infection of *Capra pyrenaica* in the Sierra Nevada massif, Spain. *Veterinary Parasitology*, 164(2-4), 340-343. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.06.019>
- Alemu, S., Leykun, E., Ayelet, G., Zeleke, A. (2006). Study on small ruminant lungworms in northeastern Ethiopia. *Veterinary Parasitology*, 142,(3-4), 330-355. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.07.008>
- Anderson, R. (2000). *Nematode parasites of vertebrates. Their development and transmission*. CABI publishing.
- Astiz, S., Miró, G., Meana, A., García-Romero, C., (2000). *Prevalencia estacional de las bronconeumonías verminosas del ganado caprino en Castilla La Mancha*. Aida-itea.org. Recuperado el 1 de abril de 2022. https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2000/96A-2/96A-2_01.pdf
- Ayalew, L., Fréchette, J., Malo, R., Beauregard, C. (1973). Studies on the incidence of *Dictyocaulus filaria* in sheep of Rimouski Region. *The Canadian Veterinary Journal*, 14(12), 301- 304. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1696298/>
- Béjar, P., Díaz, P., Pérez, A., Prieto, A., Panadero, R., Fernández, G., López, C., Díez-Baños, P., Morrondo, P. (2014). *Infecciones por nematodos broncopulmonares en ganado caprino en la comunidad gallega. XXXIX Congreso Nacional SEOC 2014*. https://www.researchgate.net/publication/265964625_Infecciones_por_nematodos_broncopulmonares_en_ganado_caprino_en_la_comunidad_gallega

- Béjar, J. (2017). *Estudio epidemiológico de las infecciones parasitarias de los aparatos digestivo, respiratorio y reproductor del ganado caprino en Galicia* [Tesis de doctorado, Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Lugo]. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/15415>
- Berrag, B., Cabaret, J. (1996). Impaired pulmonary gas exchange in ewes naturally infected by small lungworms. *International Journal for Parasitology*, 26(12), 1397-1400. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(96\)00132-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(96)00132-4)
- Berrag, B., Urquhart, G. (1996). Epidemiological aspects of lungworm infections of goats in Morocco. *Veterinary Parasitology*, 61(1-2), 81-95. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(95\)00803-9](https://doi.org/10.1016/0304-4017(95)00803-9)
- Bowman, D. (2011). *Parasitología para veterinarios*. Elsevier.
- Calvo, J. (2021). *Influencia del manejo en la prevalencia e intensidad de eliminación de los parásitos digestivos y pulmonares en rebaños de pequeños rumiantes de Galicia*. [Tesis de doctorado, Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Lugo]. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/26284>
- Carrau, T., Martínez-Carrasco, C., Garijo, M., Alonso, F., Ruiz de Ybáñez., Tizzani, P. (2021). Evaluation of the Baermann-Wetzel method for detecting lungworm larvae in wild ruminants from faecal samples. *Journal of helminthology*, 95, e13, 1-5. <https://doi.org/10.1017/S0022149X21000067>
- Christensen, J., Gardner, I. (2000). Herd-level interpretation of test results for epidemiologic studies of animal diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 45(1-2), 83-106. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(00\)00118-5](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(00)00118-5)
- Cienfuegos, S., Díaz, P., Vázquez, L., Dacal, V., Lago, N., Pato, J., Fernández, G., Panadero, R., Viña, M., Morrondo, P., Díez-Baños, P., López, C. (2009). Prevalencia e intensidad de parasitación en granjas de pequeños rumiantes en Galicia. *XIII Jornadas sobre producción animal*, Zaragoza, 143-145. https://www.researchgate.net/publication/236989904_Prevalencia_e_intensidad_de_parasitacion_en_granjas_de_pequenos_rumiantes_en_Galicia

- Deplazes, P., Eckert, J., Mathis, A., Samson-Himmelstjerna, G., Zahner, H. (2016). *Parasitology in Veterinary Medicine*. Wageningen: Wageningen Academic Publisher.
- Dhar, D., Sharma, R. (1981). Immunization with irradiated larvae against *Dictyocaulus filaria* in young lambs. *Veterinary parasitology*, 9(2), 125-131. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(81\)90031-5](https://doi.org/10.1016/0304-4017(81)90031-5)
- Díez-Baños, P., Morrondo, P., Díez-Baños, N., Martínez, S., Moreno, T., Becerra, C. (1999). Parasitosis respiratorias. En M. Cordero del Campillo (Ed.), *Parasitología veterinaria* (pp. 374-395). McGraw-Hill. Interamericana.
- Díez-Baños, P., Rojo, F., Morrondo, P. (2003). Parasitosis respiratorias del ganado ovino. En F. A. Rojo Vázquez (Ed.), *Enfermedades parasitarias del ganado ovino y caprino* (pp123-134). Veterinaria Esteve. Ediciones GEA.
- Díez-Baños, P., Martínez-Delgado, A., Hidalgo-Argüello, M.R. (2006). Estudio parasitológico del ganado ovino en la provincia de León (España) mediante análisis coprológico. *XIV International Congress of Mediterranean Federation for Health and Production of Ruminants (Fe.Me.S.P.Rum)*. Lugo (España): 12-15 Julio, 2006. <https://www.yumpu.com/es/document/view/24432813/estudio-parasitologico-del-ganado-ovino-en-la-provincia-de-leon>
- García-Dios, D., Panadero, R., Díaz, P., Viña, M., Remesar, S., Prieto, A., López, C, Martínez, N., Díez-Baños, P., Morrondo, P., López, C. (2021). The goat as a Risk factor for parasitic infections in ovine flocks. *Animals*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/ani11072077>
- Garijo, M. M., Alonso, F. D., Martínez-Carrasco, C., De Ybáñez, R. (2007). Nematodosis broncopulmonares en el ganado ovino de la región de Murcia (sureste de España). *Revista ibérica de parasitología*. 67 (1-4), 117-125. https://bibliotecavirtual.ranf.com/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1001757
- Hanks, J., Larsen, J., Campbell, A. (2021). The effect of pasture molluscicide on small lungworm infections and the productivity of grazing lambs. *Veterinary parasitology* 292(109395), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109395>
- Jacobs, D., Fox, M., Gibbons, L., Hermosilla, C. (2016). *Principles of veterinary parasitology*. Wiley Blackwell.

- Jenkins, E., Veitch, A., Kutz, S., Bollinger, T., Chirino, J., Elkin, B., West, K., Hoberg, E., Polley, L. (2007). Protostrongylid parasites and pneumonia in captive and wild thinhorn sheep (*Ovis Dalli*). *Journal of Wildlife Diseases*, 43(2), 189-205. <http://dx.doi.org/10.7589/0090-3558-43.2.189>
- Joshi, P., Singh, B., Tewari, H. (1984). Use of the enzyme – linked immunosorbent assay in the diagnosis of *Dictyocaulus filaria* infection. *Veterinary Science*, 37(2), 258-259. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)31918-0](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)31918-0)
- Kırcalı Sevimli, F., Kozan, E., Dogan, N. (2011). Efficacy of eprinomectin pour-on treatment in sheep naturally infected with *Dictyocaulus filaria* and *Cystocaulus ocreatus*. *Journal of Helminthology* 85(4), 472-475. <https://doi.org/10.1017/S0022149X10000854>
- Kutz, S., Veitch, A., Hoberg, E., Elkin, B., Jenkins, E., Polley, L. (2001). New host and geographic records for two protostrongylids in dall's sheep. *Journal of Wildlife Diseases* 37(4). <https://doi.org/10.7589/0090-3558-37.4.761>
- López, C. M., Fernández, G., Viña, M., Cienfuegos, S., Panadero, R., Vázquez, L., Díaz, P., Pato, J., Lago, N., Dacal, V., Díez-Baños, P., Morrondo, P. (2011). Protostrongylid infection in meat sheep from northwestern Spain: Prevalence and risk factors. *Veterinary Parasitology*, 178(1-2), 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.12.038>
- López, C., Cienfuegos, S., Dacal, V., Vázquez, L., Panadero, R., Fernández, G., Díaz, P., Lago, N., Díez-Baños, P., Morrondo, P. (2010). Efficacy of antihelminthic control programs against natural *Muellerius capillaris* infection in sheep in the north-west of Spain. Effect on blood gases and pH in venous blood samples. *Parasite*, 17(2), 167-171. <https://doi.org/10.1051/parasite/2010172167>
- Malone, F. E. (2007). Parasitic bronchitis and pneumonia. En I. D. Aitken, *Diseases of sheep. Four Edition* (pp. 236-238). Blackwell Publishing.
- McCraw, B., Menzies, P. (1986). Treatment of Goats Infected with the Lungworm *Muellerius capillaris*. *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne*, 27(8), 287–290. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1680294/>

- Morrondo, P., Díez-Baños, P., Cabaret, J. (1992). Influence of desiccation of faeces on survival and infectivity of first-stage larvae of *Muellerius capillaris* and *Neostrogylus linearis*. *Journal of Helminthology*, 66(2), 213-219. <https://doi.org/10.1017/S0022149X00014589>
- Morrondo, P., López, C., Díaz, P., Panadero, R., Díez Baños, P. (2019). Nematodosis broncopulmonares. En I. García Bocanegra (Ed.), *Enfermedades infectocontagiosas en rumiantes* (pp. 108-119). Elsevier.
- Nimmo, J. (1979). Six cases of verminous pneumonia (*Muellerius* Sp.) in goats. *The Canadian Veterinary Journal*, 20(2), 49-52. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1789486/pdf/canvetj00315-0021.pdf>
- Oliveira, L., Fabiano, L., Pessoa, J., Nascimento, C., Gomes, G., Carvalho, G., Camara, L., Nascimento, R. (2019). Protostrongylus rufescens in goats: Morphological and molecular characterization. *Small Ruminant Research* 182, 11-14. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.11.005>
- Panadero, R., Carrillo, E., López, C., Díez-Baños, N., Díez-Baños, P., Morrondo, P. (2001). Bronchopulmonary helminths of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the northwest of Spain. *Veterinary Parasitology* 99(3), 221-229. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(01\)00465-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(01)00465-4)
- Panuska, C. (2006). Lungworms of ruminants. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 22 (3), 583-593. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.06.002>
- Pugh, D., Baird, A. (2012). *Sheep and goat medicine*. (2° ed). Elsevier.
- Regassa, A., Toyeb, M., Abebe, R., Megersa, B., Mekibib, B., Mekuria, S., Debela, E., 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). <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.12.010>
- Richard, S., Cabaret, J. (1992). Individual variations in efficacy of fenbendazole against the small lungworm *Muellerius capillaris* in dairy goats. *Small ruminant research*, 8(1-2), 151-159. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(92\)90016-W](https://doi.org/10.1016/0921-4488(92)90016-W)

- Rickard, L. (2001). *Veterinary Parasitology. The practical veterinarian*. Butterworth-Heinemann.
- Rickard, L. (Octubre 2021). *Lungworm infection in animals*. The Merk Veterinary Manual. <https://www.msdtvetmanual.com/respiratory-system/lungworm-infection/lungworm-infection-in-animals>.
- Sauerländer, R. (1988). Experimental infection of sheep and goats with *Muellerius capillaris* (Protostrongylidae, Nematoda). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35(1-10), 525-548. . <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.1988.tb00527.x>
- Shapiro, L. (2010). *Pathology and parasitology for veterinary technicians*. Delmar Cengage Learning.
- Solomon, A., Ilan, P., Itamar, G. (1998). Desiccation Tolerance of *Muellerius CF. Capillaris* (Nematoda: Protostrongylidae) First-Stage Larvae. *The Journal of Parasitology*, 84(4), 802-805. <https://doi.org/10.2307/3284591>
- Taylor, M., Coop, R., Wall, R. (2016). *Veterinary parasitology*. (4^o ed). Wiley Blackwell.
- Urquhart, G., Armour, J., Duncan, J., Dunn, A., Jennings, F. (2001). *Parasitología veterinaria*. Acribia, S.A.
- Van Wyk, J., Cabaret, J., Michael, L. (2004). Morphological identification of nematode larvae of small ruminants and cattle simplified. *Veterinary parasitology*, 119(4), 277-306. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2003.11.012>
- Yunus, H., Ame, J., Kassim, S., Abdurahaman, M. (2017). Study on Prevalence of ovine lungworm in Goba district, Bale zone, south east Ethiopia. *International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB)*, 5(7), 37-47. <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0365.0507006>
- Zajac, A. (2021). *Veterinary Clinical Parasitology*. Wiley Blackwell.