



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Epidemiología de las nematodosis pulmonares de cabra montés en Sierra Nevada

Marta Figueroa Esquinas

Julio, 2014



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

EPIDEMOLOGÍA DE LAS NEMATODOSIS PULMONARES DE CABRA MONTÉS EN SIERRA NEVADA

Marta Figueroa Esquinas

Julio, 2014

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
 - 1.1. Características de los nematodos**
 - 1.1.1. *Dictyocaulus filaria*
 - 1.1.2. *Muellerius capillaris*
 - 1.1.3. *Cystocaulus ocreatus*
 - 1.1.4. *Protostrongylus rufescens*
 - 1.1.5. *Otras especies de interés*
 - 1.1.5.1. *Strongylus spp.*
 - 1.1.5.2. *Neoststrongylus sp.*
 - 1.2. Sarna sarcóptica**
 - 1.3. Objetivo**
- 2. MATERIALES Y MÉTODOS**
 - 2.1. Área de estudio**
 - 2.2. Metodología**
 - 2.3. Análisis estadístico**
- 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**
 - 3.1. Estadística descriptiva de adultos y larvas de cada especie.**
 - 3.2. Diferencias de abundancia entre especies**
 - 3.3. Sex-ratio frente a abundancia de larvas**
 - 3.4. Abundancia de nematodos en los meses del año**
- 4. CONCLUSIONES**
- 5. REFERENCIAS**

RESUMEN

Los nematodos broncopulmonares parasitan con bastante frecuencia a la cabra montés. Aunque no representan una amenaza grave para este hospedador por sí solos, cuando actúan junto a otros parásitos, sus infecciones pueden llegar a ser mortales. En este estudio hemos estudiado los nematodos broncopulmonares de la cabra montés de Sierra Nevada. Además hemos analizado qué factores (tanto ambientales como del hospedador) influyen en la carga parasitaria. Las cuatro especies identificadas en este estudio son: *Dictyocaulus filaria*, *Cystocaulus ocreatus*, *Muellerius capillaris* y *Protostrongylus rufescens*. La especie más abundante y además, la más prevalente es *M. capillaris*. Ninguno de los factores analizados muestra significancia con la abundancia de parásitos de los ejemplares.

ABSTRACT

Bronchopulmonary nematodes parasitize Spanish ibex populations frequently. Although the lung nematodes do not represent a serious problem to populations by itself, in combination with other parasites, their infections can be fatal. In this study we have studied the goat bronchopulmonary nematodes of Sierra Nevada. We have also analyzed what factors (environmental factors and host factors) influence the parasite load. The four species identified in this study are: *Dictyocaulus filaria*, *Cystocaulus ocreatus*, *Muellerius capillaris* and *Protostrongylus rufescens*. The most abundant and also the most prevalent species is *M. capillaris*. None of the analyzed factors show significance with the parasite abundance in goats.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el 72% de las especies de caprinos se encuentran amenazadas, la situación en la que se encuentra este grupo se debe a varios factores: requerimientos especializados respecto al hábitat, tasas reproductivas bajas, aislamiento genético y sobreexplotación (caza) (*Shackleton et al.*, 1997).

Un caso especialmente relevante y que ejemplifica el grado de amenaza de este grupo es el la cabra montés, *Capra pyrenaica*, por tratarse de un endemismo de la Península Ibérica, representante de hábitats de montaña e indicador de calidad de los mismos.

La cabra montés, *Capra pyrenaica*, es un rumiante de aspecto corpulento que puede alcanzar los 115 y 160 cm de longitud y un peso que oscila entre los 40 kg en las hembras y hasta 110 kg en los machos. El pelaje es más corto y de un color más claro en verano que en invierno, de un color gris-rojizo. Se trata de una especie con un marcado dimorfismo sexual, los machos presentan una gran cuerna en forma de lira, una barba y una borra de pelo en la frente y presentan el pecho, los flancos y las extremidades de un color marrón oscuro. En el caso de las hembras la cornamenta es más pequeña.

Se alimenta tanto de plantas leñosas como herbáceas. En invierno come toda clase de hierbas, musgos, líquenes, hojas o ramas que encuentra en su zona de campeo mientras que en verano, busca los pastos de altura en las cumbres y navas de alta montaña.

Estos animales viven en grupos separados, formados por machos o hembras jóvenes, hasta la llegada del celo, que comienza en el mes de noviembre y dura hasta marzo, teniendo su máxima actividad a finales de diciembre. En esta época los machos berrean, dan patadas, inclinan la cornamenta, sacan la lengua y pelean entrechocando las cuernas como parte de su ritual de cortejo. El periodo de gestación es de unos 5 meses y los primeros partos se producen en el mes de mayo.

Originalmente existían cuatro subespecies de *Capra pyrenaica*: *C. p. lusitanica*, *C. p. pyrenaica*, *C. p. victoriae* y *C. p. hispanica*, pero sus poblaciones sufrieron un significativo deterioro en las últimas décadas coincidentes con la creación de las

Reservas de Caza, el desarrollo agrícola y la consecuente destrucción y reducción de su hábitat (Pérez *et al.*, 2002).

Todo esto provocó la desaparición de dos de estas subespecies: *C. p. lusitanica*, a mitad del siglo XIX y *C. p. pyrenaica* que desapareció oficialmente de los Pirineos en enero de 2000 (Herrero *et al.*, 2013).

Según la UICN (Unión Internacional de Conservación para la Naturaleza) el estado de conservación de la *Capra pyrenaica* es de "Preocupación menor" (IUCN Red List of Threatened Species, 2012).

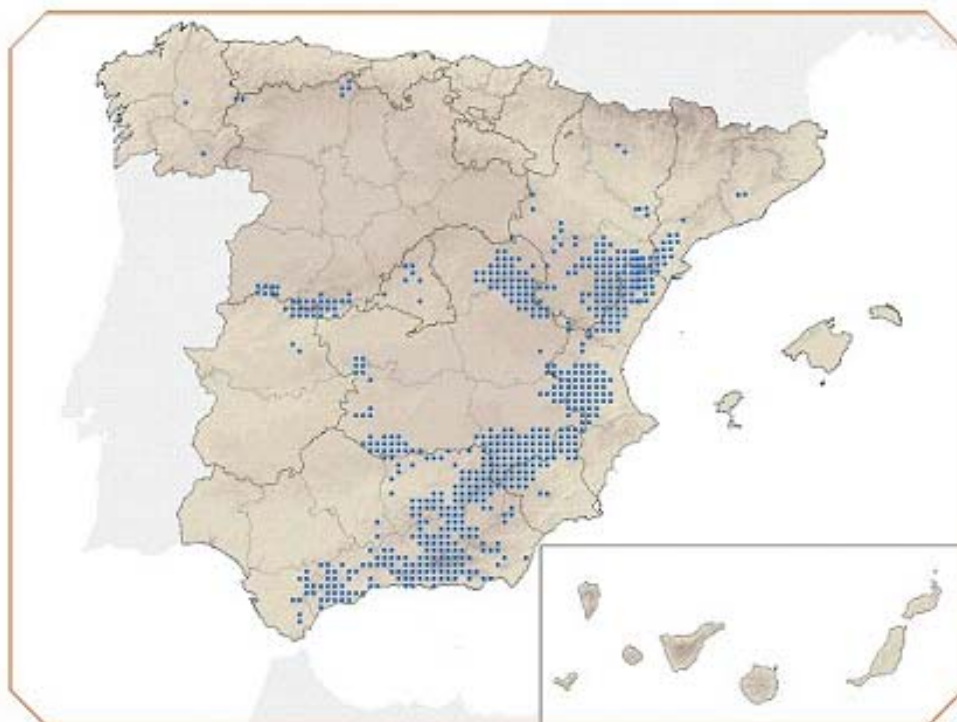


Figura 1. Estado de las poblaciones de *Capra pyrenaica* en la Península Ibérica en 2009. Extraída del Atlas de los Mamíferos Terrestres de España (Palomo & Gisbert., 2002)

Gracias a los distintos programas destinados a la conservación de la especie, se estima que en la actualidad existen más de 50.000 ejemplares de cabra montés repartidos por la Península Ibérica (Pérez *et al.*, 2002; Acevedo y Casinello., 2009), distribuidos en más de 27 núcleos (Figura 1), entre los que destacan las poblaciones de Sierra Nevada (16.000 ejemplares), Gredos (8.000 ejemplares), Maestrazgo (7.000 ejemplares), Serranía de Ronda y Sierras de Grazalema (4.000 ejemplares), Cazorla (2.500 ejemplares), Sierra Tejeda y Almijara (2.500

ejemplares), Sierras de Antequera (2.000 ejemplares), Sierra Morena (2.000 ejemplares) y Muela de Córtes (1.500 ejemplares).

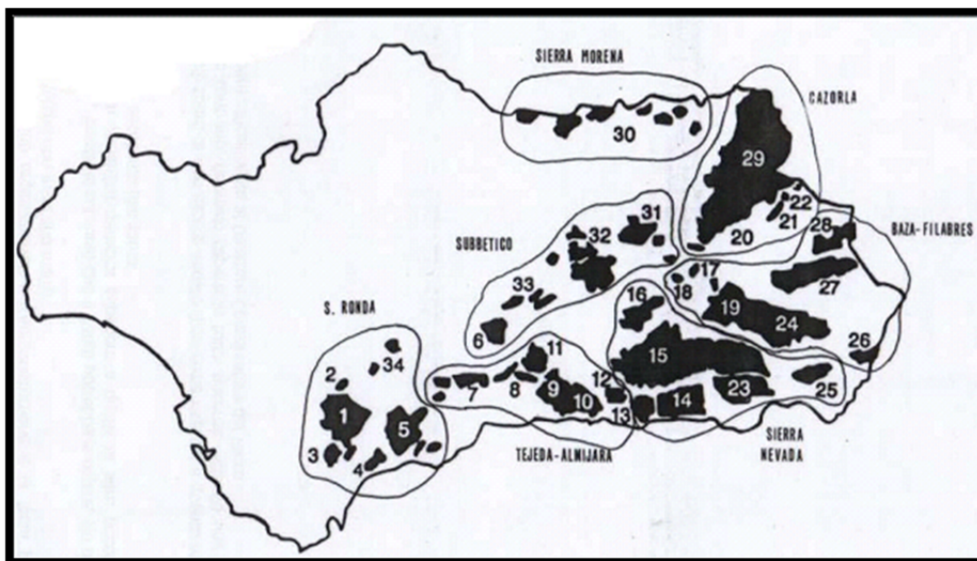


Figura 2. Distribución de la cabra montés en Andalucía. Extraída de *Granados et al.*, (2007).

A pesar de que su tendencia actual en la Península Ibérica es de un progresivo aumento en la población, como demuestran recientes datos de censos publicados (*Alados et al.*, 1997; *Granados et al.*, 2002; *Pérez et al.*, 2002; *Acevedo et al.*, 2006), problemas como la endogamia, la mala gestión y las superpoblaciones de sus efectivos siguen estando presentes en la lucha por su conservación.

El parasitismo es uno de los principales problemas que afectan a las poblaciones de cabra montés (*Pérez et al.*, 2006), llegándose a identificar más de 100 especies parásitas diferentes.

Entre los parásitos de este ungulado, destacan los nematodos de localización pulmonar, ya que según varios estudios realizados habría pruebas que relacionan la prevalencia y la abundancia de éstos con distintos factores tanto intrínsecos: peso, sexo y edad de los ejemplares; como extrínsecos: temperatura, área geográfica, precipitación, humedad relativa, etc. (*Alasaad et al.*, 2009)

Los nematodos pulmonares que parasitan con mayor frecuencia a la cabra montés pertenecen a las familias Dictyocaulidae, cuyo representante más habitual es *Dictyocaulus filaria* y Protostrongylidae, con *Muellerius capillaris*, *Cystocaulus*

ocreatus, *Neostrongylus* sp. y *Protostrongylus* spp. como las más frecuentes (Pérez et al., 2006)

Parasite	Prevalence	Location in host	Procedence	Reference
<i>Dictyocaulus filaria</i>	1.2% (n = 831)	Lungs	Southern Spain	Antón et al. (2002)
<i>Neostrongylus</i> sp.	31.4% (n = 831)	Lungs	Southern Spain	Antón et al. (2002)
<i>Muellerius capillaris</i>	74.3% (n = 831)	Lungs	Southern Spain	Antón et al. (2002)
<i>Cystocaulus ocreatus</i>	32.1% (n = 831)	Lungs	Southern Spain	Antón et al. (2002)
<i>Protostrongylus rufescens</i>	33.3% (n = 3)	Lungs	Southern Spain	Martínez et al. (1986)
<i>Protostrongylus</i> sp.	35.2% (n = 831)	Lungs	Southern Spain	Antón et al. (2002)

Tabla 1. Prevalencia de nematodos pulmonares encontrados en *Capra pyrenaica*.

Extraída de Pérez et al., (2006).

1.1. Características de los nematodos

1.1.1. *Dictyocaulus filaria*

Este nematodo, de distribución mundial, pertenece a la clase Secernentea y a la superfamilia Trichostrongyloidea y su tamaño oscila entre los 3 y 10 cm de longitud. Este género se caracteriza por parasitar a ungulados (tanto domésticos como silvestres) y establecerse en los bronquios y en la tráquea de sus hospedadores (Ayalew et al., 1973).

Los huevos, al ser depositados por las hembras grávidas, ya contienen larvas completamente desarrolladas que eclosionan casi instantáneamente; a través de la tráquea alcanzan la laringe y la faringe, son deglutidas y salen al exterior con las heces. Una vez en el exterior maduran hasta que son infectivas para ser, de nuevo, ingeridas con el alimento por los nuevos hospedadores, o producir reinfestaciones desde la mucosa intestinal, vía linfática o pulmonar, hasta alcanzar la localización pulmonar definitiva. Esta especie no causa patologías considerables o graves.

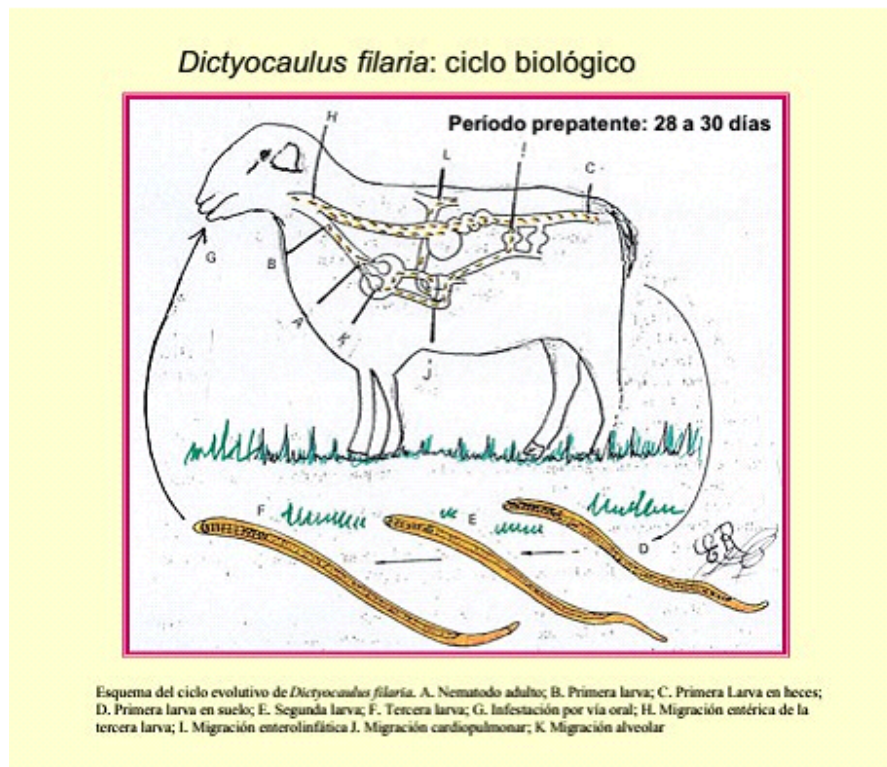


Figura 3. Ciclo de vida de *Dictyocaulus filaria*



Figura 4. Microfotografía de larva de *Dictyocaulus filaria* observada a 20 aumentos.

1.1.2. *Muellerius capillaris*

Pertenece a la clase Secernentea y a la superfamilia Metastrongyloidea. Esta especie es parásita del parénquima pulmonar de ovejas, cabras y otros rumiantes silvestres de todo el mundo.

Los huevos embrionados son puestos en el parénquima pulmonar, en los bronquios y la tráquea, son deglutidos y pasan a través del tracto digestivo para salir con las heces. También pueden salir al exterior a través del moco nasal. Una vez en el exterior, la larva sobrevive en ambientes húmedos con las reservas alimenticias que conserva del intestino. *Muellerius capillaris* necesita de un hospedador intermedio en su ciclo de vida, un caracol para llegar a su hospedador vertebrado definitivo. El huésped vertebrado se infecta por ingesta de caracoles infectados, la larva se libera, llegando al intestino y atravesando su pared para alcanzar la vía linfática y poder llegar al flujo sanguíneo, al corazón y ser lanzada a los pulmones, donde abandona los capilares para alojarse en la parénquima, los alvéolos o bronquios según su localización.

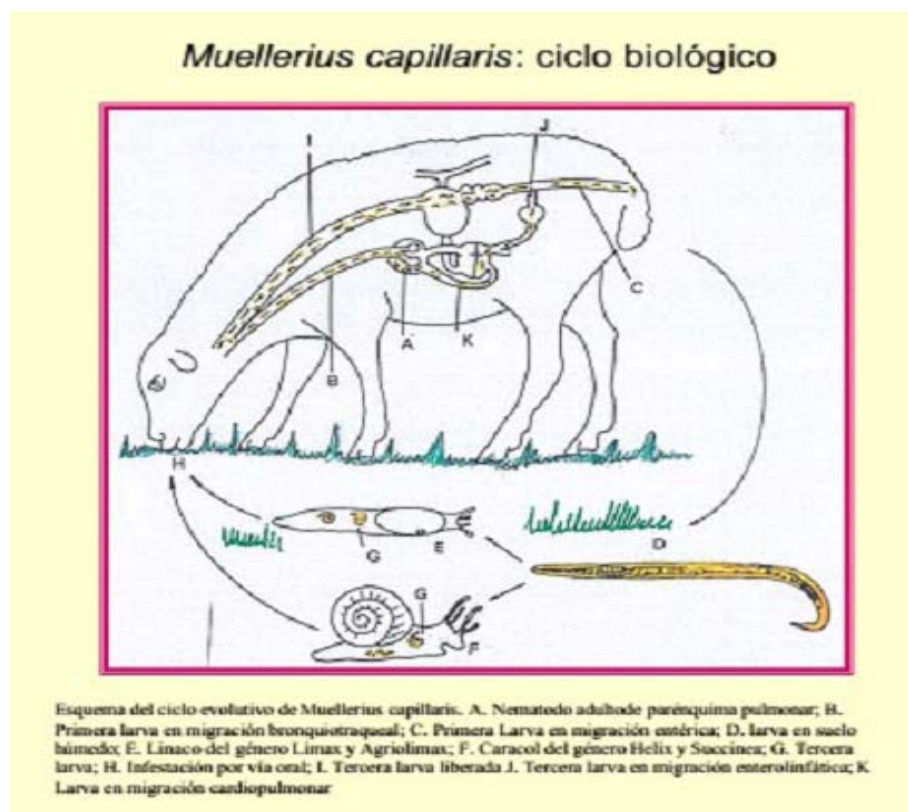


Figura 6. Ciclo de vida de *Muellerius capillaris*



Figura 7. Microfotografía de larva de *Muellerius capillaris*.

1.1.3. *Cystocaulus ocreatus*

Los individuos adultos de *Cystocaulus ocreatus* se localizan en bronquiolos, alvéolos y en el parénquima pulmonar de borregos y cabras de Europa, África y Asia; aunque también es posible encontrarlos aislados en nódulos subpleurales. El macho mide de 18-45 mm de largo y la hembra mide de 390-420 mm.



Figura 8. Microfotografía de larva de *Cystocaulus ocreatus*.

1.1.4. *Protostrongylus rufescens*

Son gusanos esbeltos de color rojizo. Los machos miden de 15-45 mm, y las hembras de 25-65 mm de largo. Su ciclo de vida es de tipo indirecto, es decir, necesita de distintos hospedadores intermedios (caracoles o babosas) para llevar a cabo su ciclo de vida.

Los huevos eclosionan en el intestino del hospedador y alcanzan el exterior junto con las heces de este, una vez en el exterior las larvas atraviesan la piel del pie del caracol y en él, se desarrollan las larvas infectivas. El hospedador final (ovinos y caprinos) se infecta al consumir los caracoles con el pasto. Una vez en el hospedador, las larvas atraviesan la pared intestinal y emigran hasta los pulmones a través del sistema linfático y sanguíneo. En los pulmones atraviesan la pared de los alvéolos y se establecen en bronquios y bronquiolos.



Figura 10. Microfotografía de larva de *Protostrongylus rufescens*.

1.1.5. Otras especies de interés

1.1.5.1. *Strongylus spp.*

Pertenece a la clase Secernentea y a la superfamilia Strongyloidea. Se encuentra distribuido mundialmente y tienen un tamaño considerable, llegando a alcanzar los 22-25 mm en el caso de los machos y 38-47 mm en hembras. Además se trata de

especies migradoras (a veces alcanzan la arteria craneal mesentérica) del ciego y colon de équidos y otros hospedadores.

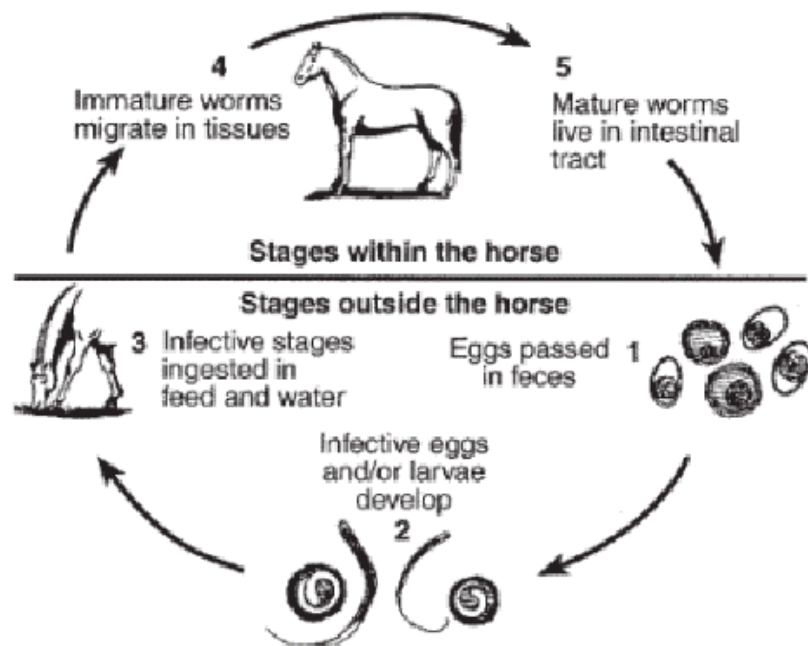


Figura 5. Ciclo de vida de *Strongylus* spp.

1.1.5.2. *Neoststrongylus* sp.

Parasita los bronquios de distintas especies de ungulados en Europa y Asia. En el primer estadio larvario alcanzan los 300-350 μ m de longitud y tienen una espina dorsal en la cola. Las larvas alcanzan el estadio infeccioso en 10-24 días dependiendo de la temperatura.



Figura 9. Microfotografía de larva de *Neoststrongylus* sp.

1.2. SARNA SARCÓPTICA

La sarna sarcóptica es una enfermedad causada por un ácaro llamado *Sarcoptes scabiei*, ésta especie es una de las más importantes por tratarse de un ectoparásito que afecta a más de medio centenar de mamíferos pertenecientes a 27 familias y a 10 órdenes diferentes de todo el mundo (*Bornstein et al.*, 2001).

Los ácaros penetran en la piel del hospedador, segregando compuestos que disuelven la epidermis y excavan galerías en el estrato córneo, donde se alimentan del citoplasma de células vivas y llevan a cabo su reproducción. Los síntomas externos de la enfermedad son prurito intenso, estrés, descamación, agrietamiento e hiperqueratinización de la piel. Una infestación crónica de *S. scabiei* produce una notable pérdida de peso (*Serrano et al.*, 2007) y un deterioro general de la salud del hospedador, pudiéndole causar la muerte.

El contagio ocurre por contacto directo con animales infestados, o bien mediante fomites, ácaros que desprenden el hospedador en los lugares donde éste descansa o se rasca, o que abandonan el hospedador muerto.

La sarna sarcóptica es una enfermedad endémica de la mayor parte de la Península Ibérica (*Pérez et al.*, 2010) y el grupo de los ungulados es especialmente sensible a ser parasitados por *S. scabiei*, viéndose severamente afectadas especies de ganado doméstico, la cabra montés, ciervos y gamos.

La parasitosis por parte de *Sarcoptes scabiei* en el caso de la cabra montés, se divide en 4 fases patológicas características:

- El periodo inicial. En esta etapa la piel del animal no muestra ninguna alteración pero se pueden observar algunos parásitos entre su pelaje.
- El periodo de desarrollo. En el que la piel se encuentra inflamada e irritada con prurito.
- El periodo de consolidación. Intenso prurito y lesiones cutáneas graves.
- El periodo crónico. En esta etapa toda la superficie cutánea del animal se encuentra visiblemente afectada (*León-Vizcaíno et al.*, 1999).

En el año 1987 comenzó la epizootia de sarna sarcóptica en las poblaciones andaluzas de cabra montés, que tuvo un desarrollo muy virulento, diezmando las poblaciones drásticamente. En el Parque Natural de la Sierra de Cazorla, Segura y

Las Villas, en tan sólo 4 años murió más del 97% de la población. Paralelamente y en años progresivos, empezaron a aparecer casos de la enfermedad en otros núcleos: Parque Natural de la Sierra de las Nieves (Málaga), Sierras del Valle de Abdalajis (Málaga), Sierras de Villanueva del Trabuco y Rosario (Málaga), Parque Natural de la Sierra de Mágina (Jaén), Sierra de la Sagra (Granada), Parque Natural de la Sierra de Húetor (Granada) o el Parque Natural de Sierra Nevada (Granada), entre otros.

En la actualidad, la sarna afecta a casi el 40% de los enclaves montañosos andaluces con presencia de cabra montés. La prevalencia media obtenida para el territorio andaluz durante el periodo comprendido entre 1992 y 1998 es del 24%, presentando una clara dinámica estacional.

La población de *Capra pyrenaica* que habita el macizo de Sierra Nevada es una de las más afectadas por éste ácaro (Pérez *et al.*, 1997)



Figura 11. Hembra de cabra montés que muestra pérdida de pelo en la región dorsal debida a la sarna sarcóptica (Pérez *et al.*, 2010)

1.3. Objetivo

Este estudio tiene como objetivo comprobar, mediante la realización de un análisis estadístico, si existe una relación entre la abundancia de los parásitos broncopulmonares de *Capra pyrenaica* y una serie de variables extrínsecas e intrínsecas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área de estudio es el macizo montañoso de Sierra Nevada. Este macizo cuenta con 170.000 hectáreas plagadas de endemismos tanto animales como vegetales y es Parque Natural hasta aproximadamente la cota de 2000 metros de altitud, y es Parque Nacional a partir de esa cota. Además, fue declarada Reserva de la Biosfera en 1986. Posee, además, varias cumbres que sobrepasan los 3.000 metros de altitud. En este paraje natural habita la población de *Capra pyrenaica* más importante del territorio español, integrada por más de 10.000 ejemplares que mantienen una alta variabilidad genética (Pérez *et al.*, 2002).

2.2. Metodología

Entre 2003 y 2006, 213 ejemplares de cabra montés (87 hembras y 126 machos) fueron abatidos al azar en el área de Sierra Nevada y sus cadáveres se trasladaron al laboratorio para su posterior necropsia.

Cada uno de los ejemplares fue clasificado por su sexo, mediante una inspección visual y su edad, mediante el recuento de los segmentos de los cuernos (Fandos *et al.*, 1991). Además, a cada cabra se le asignó un índice referido al nivel de sarna padecido con valores comprendidos entre el 0 (animales sanos) y el 4 (animales con el máximo índice de severidad de sarna: 100% de la superficie corporal afectada).

A cada uno de los ejemplares se les extirparon la tráquea y los pulmones. La tráquea y los bronquios se abrieron longitudinalmente y se lavaron con agua para obtener un vertido que contuviese los nematodos, tanto adultos como larvas.

Los extremos dorsales y basales de los pulmones se examinaron visualmente en busca de nódulos verminosos y posteriormente, las zonas infectadas del parénquima

pulmonar se diseccionaron con ayuda de un estereomicroscopio para extraer los nematodos adultos (Alasaad et al., 2009)

Se realizaron preparaciones de nematodos adultos y L1 con lactophenol-cottonblue y se identificaron en base a las descripciones de Gerichter (1951) y van Wyk et al., (2004).

Las especies de nematodos identificadas tras el análisis fueron:

- *Dictyocaulus filaria*
- *Cystocaulus ocreatus*
- *Muellerius capillaris*
- *Protostrongylus rufescens*

Se tomaron datos de la cantidad de nematodos existentes de cada especie, clasificándolas en dos categorías: larvas y adultos, teniendo en cuenta el sexo de cada nematodo en el caso de los adultos.

Con todos los datos recogidos se elaboró una amplia base de datos de la que parte el presente estudio.

La necropsia de los pulmones, así como la extracción, recuento e identificación de nematodos (tanto de larvas como de adultos) se llevó a cabo en la Universidad de Santiago de Compostela, por parte del equipo de la Dra. Patrocinio Morondo.

2.3. Análisis estadístico

De los 213 ejemplares a los que se les realizó la necropsia, se han tenido en cuenta a 153 (70 hembras y 83 machos) para el análisis, de los que se disponía de la información sobre todas las variables analizadas.

En primer lugar se van a analizar los datos, obteniendo:

- La estadística descriptiva, referente a las larvas y adultos encontrados de cada una de las cuatro especies de nematodos identificados, incluyendo la media, la desviación estándar, los máximos, los mínimos y el coeficiente de variación.

- La prevalencia: porcentaje de individuos de la muestra que resultaron positivos para cada especie en cuestión (*Margolis et al.*, 1982).
- Las diferencias de abundancia entre los nematodos (larvas + adultos) de cada especie.
- Una sex-ratio de los nematodos adultos para relacionarla con la abundancia de larvas.

Con el segundo análisis se relaciona la cantidad total de nematodos (larvas + adultos) con los meses del año en el que fueron abatidas las cabras para determinar si hay épocas del año en las que la abundancia de nematodos es mayor que en otras.

En el tercer análisis mediante el uso de una regresión múltiple vamos a analizar qué factores influyen en la abundancia de nematodos, que tomaremos como variable dependiente o variable respuesta. Como variables independientes o explicativas hemos utilizado:

- La edad del hospedador
- El índice de severidad de sarna sarcóptica
- La densidad poblacional de la población hospedadora
- La climatología (índice aridez de Gaussen)
- El sexo del hospedador

En el caso de la variable del índice de severidad de sarna sarcóptica se asignó, mediante un análisis visual, un número del 0 al 4 que hace referencia a la categoría de sarna padecida por el animal y el área de piel afectado. El 0, que significa que no hay lesiones aparentes; el 1, $\leq 25\%$ de la superficie de la piel afectada; el 2, entre el 25% y el 50% de la superficie de piel se encuentra afectada; el 3, entre el 50% y el 75% de la superficie de la piel afectada y el 4, $>$ del 75% de la superficie de la piel afectada. (*Pérez et al.*, 2010).

La Densidad poblacional de *Capra pyrenaica* se determina anualmente por personal de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y del Parque Nacional de Doñana. Las estimas de abundancia se realizan aplicando la metodología de muestreo por distancias (Distance Sampling) a través de transectos lineales (*Buckland et al.*, 1993).

Como variables climatológicas se han utilizado los valores medios mensuales de temperatura y precipitación en el área de estudio. Dichos valores se han obtenido de la estación meteorológica de Borreguiles (Sierra Nevada). Dado que ambas variables muestran una correlación significativa entre ellas, se han integrado en el índice de aridez de Gausse (IG), $IG = \sum \text{precipitación media mensual} - (2 \times \text{temperatura media mensual})$ (Gauseen y Bagnouls., 1953).

Para llevar a cabo estos análisis se ha utilizado el programa Statistica (versión 10.0 Trial) debido a heterocedasticidad de las variables hemos usado una regresión de tipo no paramétrica (R de Spearman), el programa Statgraphics Centurion XVI (versión 16.1.15) y la hoja de cálculo Microsoft Excel 2010.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estadística descriptiva de adultos y larvas de cada especie.

Las especies identificadas y su prevalencia fueron:

- *Dictyocaulus filaria*, con una prevalencia del 3,27%
- *Cystocaulus ocreatus*, con una prevalencia del 86,27%
- *Muellerius capillaris*, con una prevalencia del 88,23%
- *Protostrongylus rufescens*, con una prevalencia del 85%

	<i>Dictyocaulus filaria</i> (adultos)	<i>Dictyocaulus filaria</i> (larvas)
Recuento	153	153
Promedio	0,0784314	7,26144
Desviación estándar	0,6338	60,6031
Coefficiente de Variación	808,095%	834,588%
Mínimo	0	0
Máximo	6,0	561,0

Tabla 2. Resumen estadístico de larvas y adultos de *Dictyocaulus filaria*.

	<i>Cystocaulus ocreatus</i> (adultos)	<i>Cystocaulus ocreatus</i> (larvas)
Recuento	153	153
Promedio	14,6013	651,346
Desviación estándar	121,523	1233,61
Coeficiente de Variación	832,275%	189,394%
Mínimo	0	0
Máximo	1122,0	8500,0

Tabla 3. Resumen estadístico de larvas y adultos de *Cystocaulus ocreatus*.

	<i>Muellerius capillaris</i> (adultos)	<i>Muellerius capillaris</i> (larvas)
Recuento	153	153
Promedio	1317,29	617,908
Desviación estándar	2473,03	111,71
Coeficiente de Variación	187,736%	179,914%
Mínimo	0	0
Máximo	17000,0	6750,0

Tabla 4. Resumen estadístico de larvas y adultos de *Muellerius capillaris*.

	<i>Protostrongylus rufescens</i> (adultos)	<i>Protostrongylus rufescens</i> (larvas)
Recuento	153	153
Promedio	2553,11	275,673
Desviación estándar	4613,86	639,131
Coeficiente de Variación	180,715%	231,844%
Mínimo	0	0
Máximo	30500,0	4790,0

Tabla 5. Resumen estadístico de larvas y adultos de *Protostrongylus rufescens*.

La especie con mayor abundancia de adultos es *Protostrongylus rufescens* y de la que se han encontrado mayor número de larvas es *Cystocaulus ocreatus*.

La desviación estándar es mayor que la media en las cuatro especies lo que demuestra la amplia variabilidad que existe entre las 153 muestras.

3.2. Diferencias de abundancia entre especies

En la comparación de la abundancia de las cuatro especies de nematodos (Tabla 6), la abundancia de *Protostrongylus rufescens* es significativamente menor que la de *Cystocaulus ocreatus* y que la de *Muellerius capillaris*. El resto no son estadísticamente distintas; en el caso de *Dictyocaulus filaria* la razón es porque hay muy pocas muestras donde aparece.

3.3. Sex-ratio frente a abundancia de larvas

En cuanto a la comparación de Sex-ratios (Tabla 7) no hay diferencias entre las especies, existe una media de 3 hembras por macho. Tiene sentido que el número de hembras sea mayor que el de los machos por la estrategia reproductiva de los nematodos.

	Mean Group 1	Mean Group 2	t- value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
Total <i>Dictyo.</i> vs. total <i>Cysto.</i>	224.60	763.17	-0.92	135.00	0.36	5.00	132.00	282.91	1300.74	21.14	0.01
Total <i>Dictyo.</i> vs. total <i>Muellerius</i>	224.60	709.52	-0.93	138.00	0.35	5.00	135.00	282.91	1162.31	16.88	0.01
Total <i>Dictyo.</i> vs. total <i>Protos.</i>	224.60	327.82	-0.33	133.00	0.74	5.00	130.00	282.91	685.06	5.86	0.09
Total <i>Cysto.</i> vs. total <i>muellerius</i>	763.17	709.52	0.36	265.00	0.72	132.00	135.00	1300.74	1162.31	1.25	0.20
Total <i>Cysto.</i> vs. total <i>Protos.</i>	763.17	327.82	3.38	260.00	0.00	132.00	130.00	1300.74	685.06	3.61	0.00
Total <i>Muellerius</i> vs. total <i>Protos.</i>	709.52	327.82	3.24	263.00	0.00	135.00	130.00	1162.31	685.06	2.88	0.00

Tabla 6. Comparación de abundancia entre las cuatro especies de nematodos.

	Mean Group 1	Mean Group 2	t- value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
Total <i>Dictyo.</i> vs. total <i>Cysto.</i>	3.00	2.68	0.27	83.00	0.79	2.00	83.00	1.41	1.69	1.43	1.00
Total <i>Dictyo.</i> vs. total <i>muellerius</i>	3.00	2.62	0.30	84.00	0.76	2.00	84.00	1.41	1.77	1.57	1.00
Total <i>Dictyo.</i> vs. total <i>Protos.</i>	3.00	2.32	0.54	41.00	0.59	2.00	41.00	1.41	1.76	1.54	1.00
Total <i>Cysto.</i> vs. total <i>muellerius</i>	2.68	2.62	0.23	165.00	0.82	83.00	84.00	1.69	1.77	1.10	0.67
Total <i>Cysto.</i> vs. total <i>Protos.</i>	2.68	2.32	1.09	122.00	0.28	83.00	41.00	1.69	1.76	1.08	0.75
Total <i>Muellerius</i> vs. total <i>Muellerius</i>	2.62	2.62	0.00	166.00	1.00	84.00	84.00	1.77	1.77	1.00	1.00
total <i>Muellerius</i> vs. total <i>Protos.</i>	2.62	2.32	0.88	123.00	0.38	84.00	41.00	1.77	1.76	1.02	0.98

Tabla 7. Comparación de Sex- ratio entre las cuatro especies de nematodos.

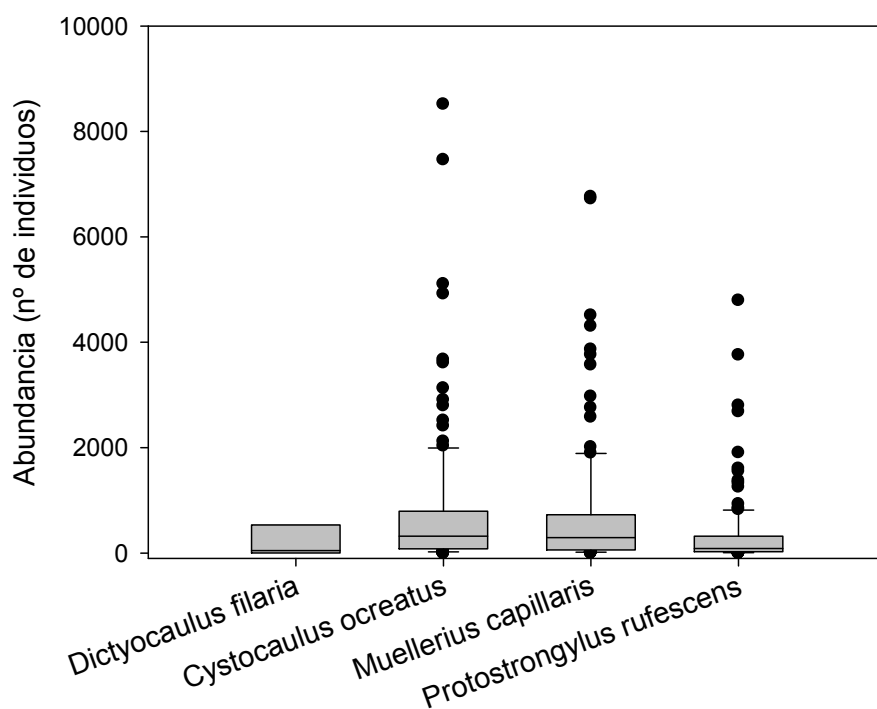


Figura 12. Comparación de la abundancia de individuos en las cuatro especies de nematodos.

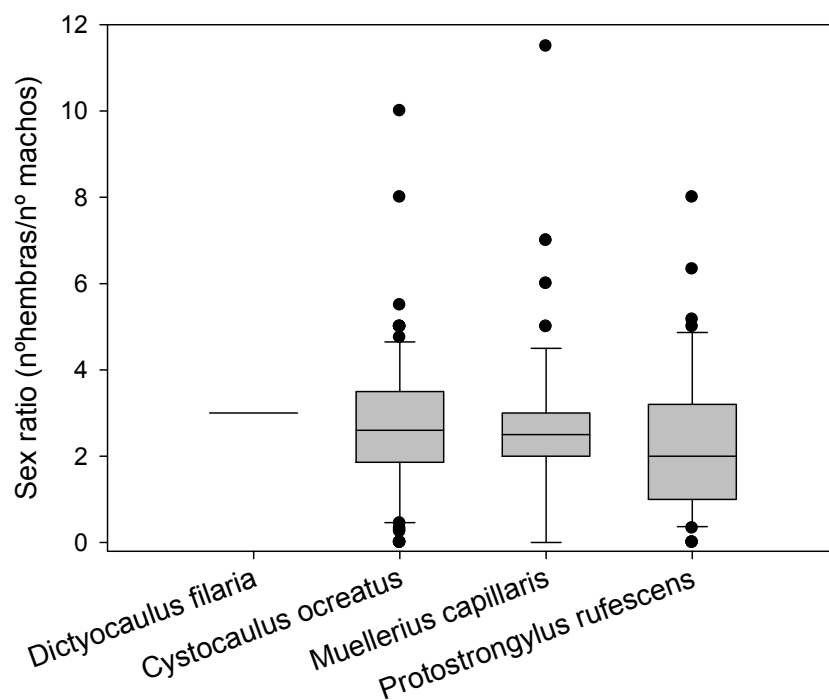


Figura 13. Comparación de Sex-ratio en las cuatro especies de nematodos.

No hay una correlación significativa entre la sex-ratio de los nematodos adultos y el número de larvas (Tabla 8), de hecho hay muchos casos donde hay un elevado número de larvas y ni siquiera hay valores de adultos (ni por tanto de sex ratio).

	N	Spearman	t(N-2)	p
Sex-ratio & Total de larvas	103	0,122176	1,237117	0,218912

Tabla 8. Correlación entre el Sex-ratio de los nematodos adultos y las larvas.

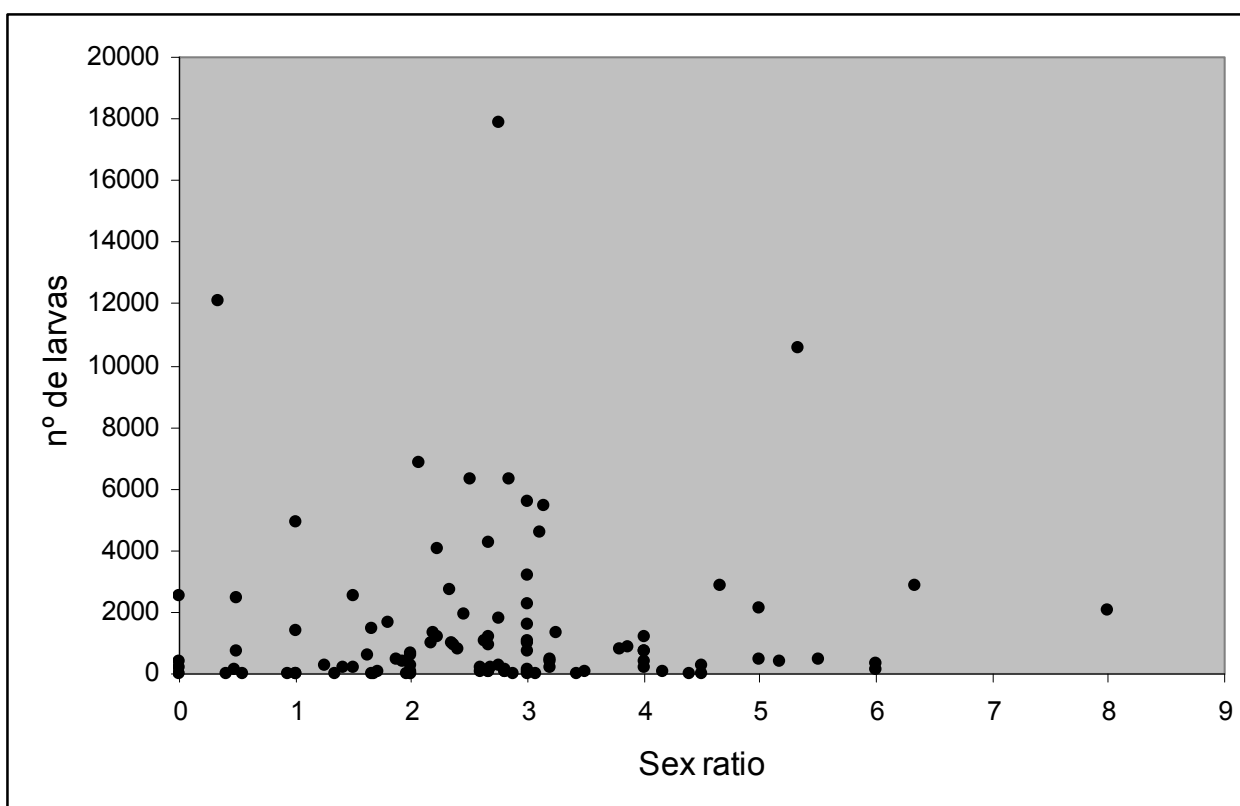


Figura 14. Correlación entre el Sex-ratio de los nematodos adultos y las larvas.

Tampoco aparece una correlación entre número de hembras o machos por separado y el nº de larvas (Tabla 9):

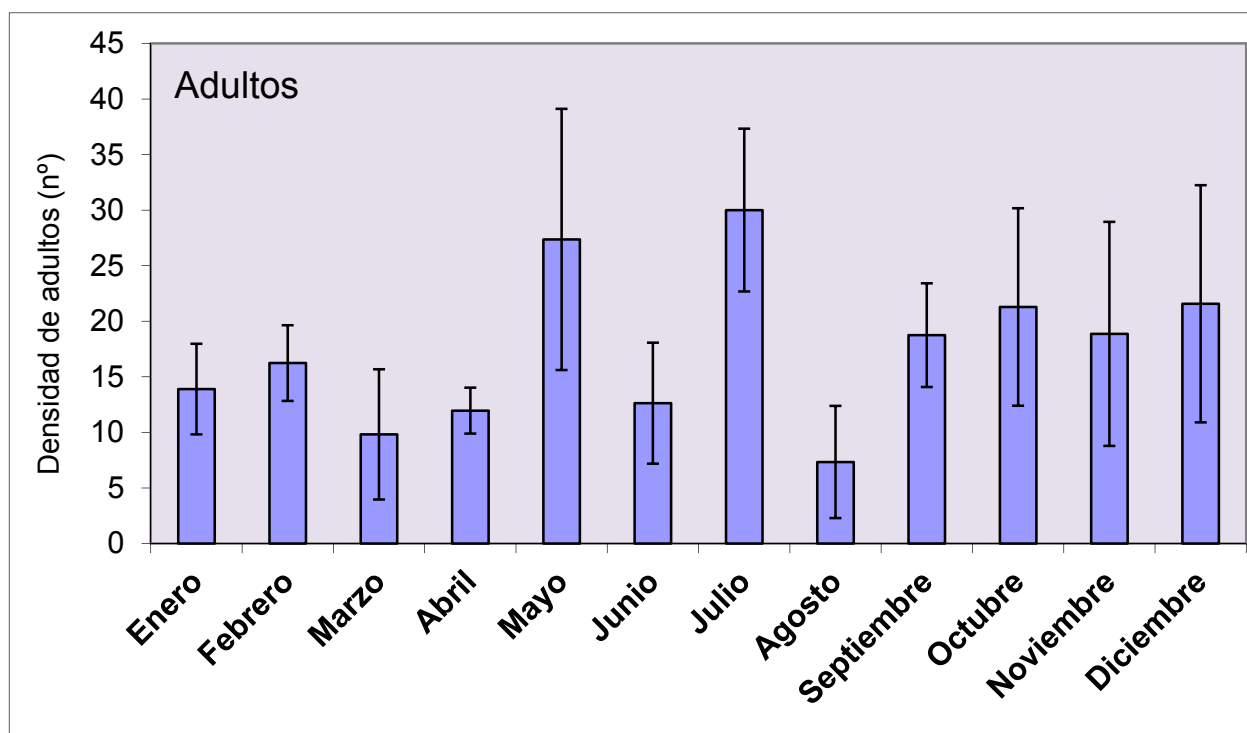
	N	Spearman	t(N-2)	p
Nematodos macho & Total de larvas	153	-0,024138	-0,296705	0,767100

Nematodos hembra & Total de larvas	153	0,017399	0,213829	0,830969
---	-----	----------	----------	----------

Tabla 9. Correlación entre el sexo de los nematodos adultos y las larvas.

3.4. Abundancia de nematodos en los meses del año

El gráfico de los adultos presenta una media de unos 20 nematodos a lo largo de todo el año, llegando a alcanzar su máximo en el mes de Julio y su mínimo en Agosto. No hay grandes cambios en la densidad de adultos encontrados en los distintos meses.



.Figura 15. Gráfica representante de la densidad de nematodos adultos según el mes del año de captura de los ejemplares.

La media de la densidad de larvas es de 2.000 durante el año, alcanzando un máximo de 3.000 en el mes de Octubre y un mínimo menor de 500 en Marzo. La densidad de larvas presentes en los hospedadores es mucho mayor que la densidad de adultos y los cambios en la densidad de larvas en los distintos meses del año es más acusada que en el caso de los nematodos adultos.

Se ha llevado a cabo una correlación para comprobar si existen diferencias en cuanto a la abundancia de nematodos según el sexo de los hospedadores en los distintos meses del año.

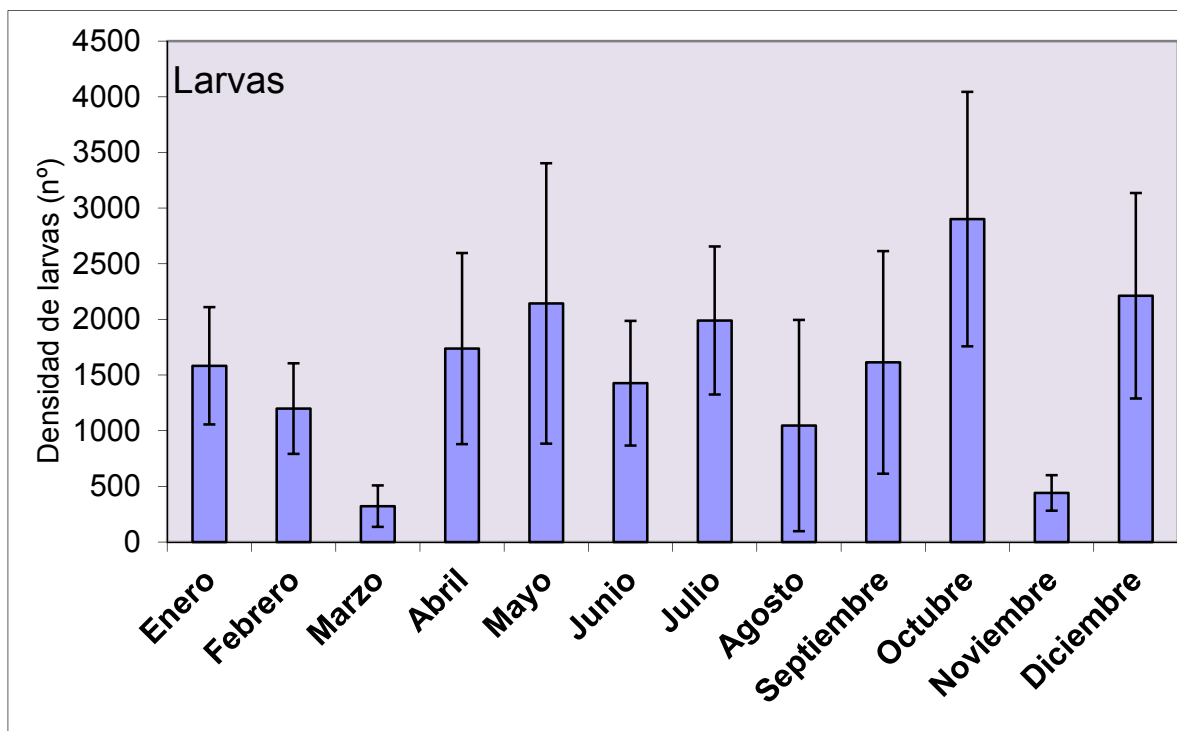


Figura 16. Gráfica representante de la densidad de larvas de nematodos según el mes del año de captura de los ejemplares.

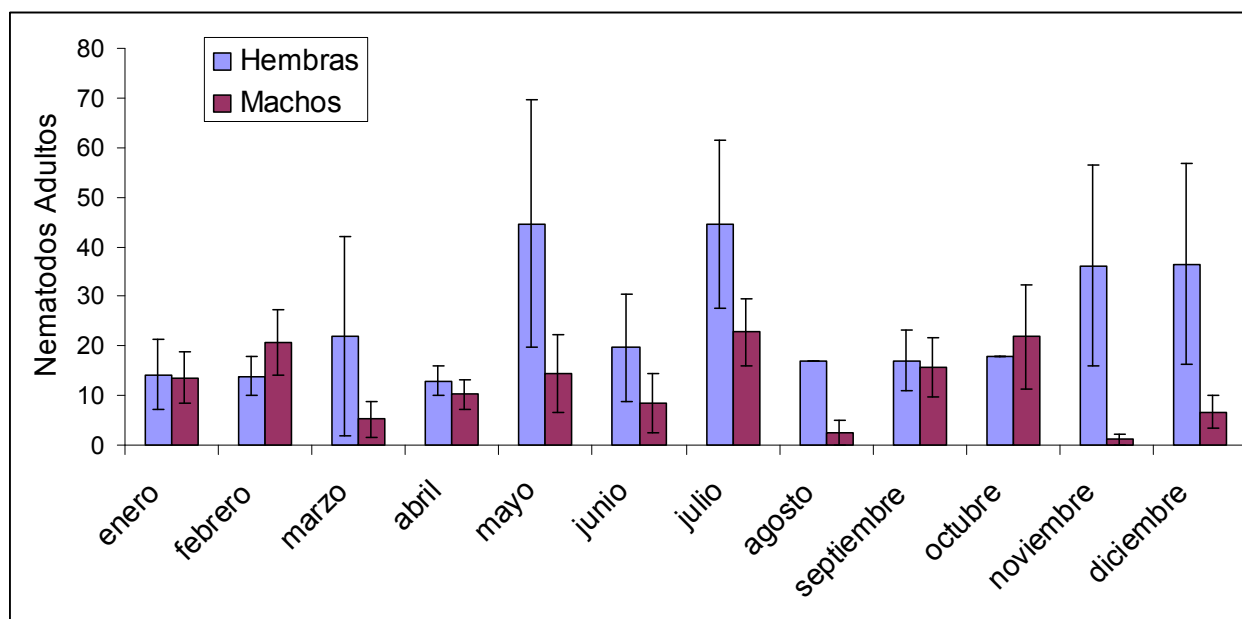


Figura 17. Gráfica de abundancia de nematodos adultos según el sexo del hospedador en los meses del año

En el caso de los nematodos adultos, no hay correlación entre las abundancias encontradas en hospedadores machos y hembras (los máximos ocurren en meses distintos). La cantidad de nematodos adultos que parasitan a las hembras es más alta que la de los machos durante todo el año. En el caso de las cabras hembra se observa una máxima presencia de adultos en los meses de mayo y junio, mientras que en los machos no se observan variaciones acusadas en la cantidad de adultos.

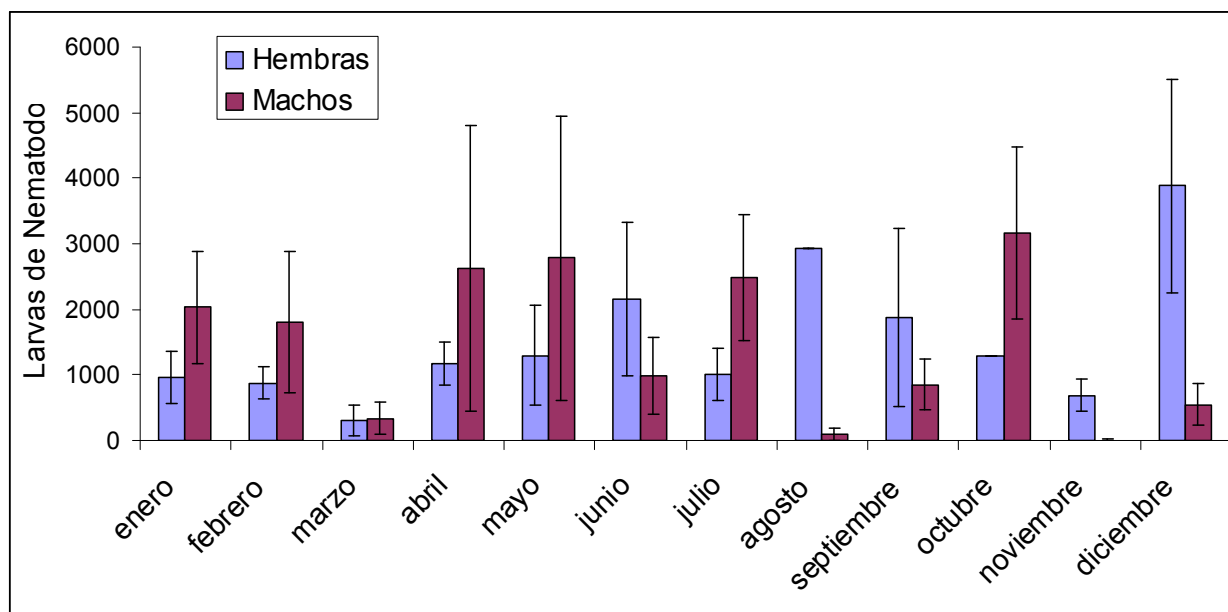


Figura 18. Gráfica de abundancia de larvas de nematodos según el sexo del hospedador en los meses del año.

No hay correlación entre las abundancias encontradas en machos y hembras (los máximos ocurren en meses distintos). En el caso de las larvas hay un patrón temporal muy diferente entre hospedadores hembras y machos, en el mes de marzo y de octubre ambos sexos presentan un nivel bajo de larvas. En el mes de octubre los machos alcanzan una cantidad de larvas bastante alta, esto podría deberse a que coincide con la época de celo durante la que los animales se encuentran en un estado de inmunodepresión. Las hembras alcanzan el máximo de larvas en diciembre.

3.5. Regresión múltiple

En la regresión ninguna de las variables independientes utilizadas son significativas respecto a la abundancia de nematodos.

En este el caso de la edad, la $p = 0.185541$ y por lo tanto la variable edad no es significativa en la abundancia de nematodos presentes en los hospedadores.

El índice de severidad de sarna padecida por el hospedador tampoco es significativa respecto a la abundancia de nematodos, $p = 0.148169$.

El valor de $p = 0.166573$ en la variable de la densidad poblacional, lo que quiere decir que tampoco está relacionada con la abundancia de nematodos presentes.

La variable del índice de aridez de Gaussien es la que mayor valor de p tiene, $p = 0.858972$, así que es la menos significativa de todas con respecto a la abundancia de nematodos.

	Valid	Spearman	t(N-2)	P
Abundancia nematodos & Edad	153	0.107601	1.329948	0.185541
Abundancia nematodos & Sarna	153	0.117463	1.453467	0.148169
Abundancia nematodos & Densidad poblacional	153	-0.112400	-1.39000	0.166573
Abundancia nematodos & IG	153	-0.014832	-0.178001	0.858972

Tabla 10. Resultados de la regresión múltiple realizada con las variables elegidas.

El sexo es una variable binaria, es decir, sólo presenta dos opciones: machos (0) o hembras (1) y para ver su relación con la variable dependiente se ha hecho una ANOVA.

	Degr. of	MS (Mean square)	F (Fisher variance)	p
Intercept	1	371914505	44.48068	0.000000
Sexo	1	3821165	0.45701	0.500060
Error	151	8361260		

Tabla 11. Resultados ANOVA para la variable del sexo.

El sexo del hospedador tampoco tiene que ver con la abundancia de nematodos presentes, $p = 0.500060$.

Añadir prevalencia

En este estudio, las especies de nematodos más abundantes son *Cystocaulus ocreatus* (prevalencia del 86,27%) y *Muellerius capillaris* (prevalencia del 88,27%) y la menos abundante es *Protostrongylus rufescens* (prevalencia del 85%), estos resultados concuerdan con estudios anteriores donde *Muellerius* spp. es el género más comúnmente encontrado, con una prevalencia del 25.77%, en 160 muestras fecales. Otra especie de las más abundantes es *Dictyocaulus filaria*, con una prevalencia del 26.35% (Acevedo et al., 2005), pero este resultado no es comparable con los datos obtenidos en el presente análisis ya que esta especie se ha encontrado en muy pocas muestras. Las diferencias climatológicas, de sustrato, de vegetación y geográficas de la zona de estudio tienen que ver en la la epidemiología y el tipo de especies de nematodos pulmonares encontradas en los ejemplares.

En otro estudio en el que se analizaron 15 pulmones de cabra montés (Pérez et al., 2006) también se obtuvieron resultados de abundancia similares. Las especies de nematodos más abundantes identificadas fueron *Cystocaulus ocreatus*, con una prevalencia del 26,7% y larvas de primer estadio de *Muellerius capillaris*. La abundancia de *Protostrongylus* sp. (prevalencia del 4,5%) es la más baja, ya que sus larvas son deglutidas y eliminadas por las heces.

Las variables analizadas: edad, sarna, densidad poblacional, índice de Gaussén y sexo no parecen estar relacionadas con la abundancia de nematodos broncopulmonares. Deben existir otros factores que influyan directamente en los hospedadores, para que sean parasitados. En un estudio en se analizaron muestras fecales de rebeco (*Rupicapra rupicapra rupicapra*) en Austria para establecer si los niveles de hormonas esteroideas estaban relacionados con el nivel de parasitismo que sufrían los ejemplares. Con esto se demostró que los machos con altos niveles de andrógenos y cortisol mostraban más cantidad de larvas a nivel broncopulmonar (Stefan et al., 2006).

Otro de los factores a tener en cuenta podría ser la presencia de otros parásitos que afecten al hospedador, inmunodeprimiéndolo, y facilitándole el camino a los nematodos pulmonares.

El tamaño de la muestra es de 153 ejemplares pero el muestreo no está adecuadamente estratificado ya que hay meses, como agosto, de los que se tienen muy pocos o ningún registro, es decir, el esfuerzo de muestreo en esos meses es bajo.

4. CONCLUSIONES

1. Las especies de nematodos pulmonares que parasitan a la cabra montés de Sierra Nevada en orden decreciente según su prevalencia son:
 - *Muellerius capillaris*, con una prevalencia del 88,23%
 - *Cystocaulus ocreatus*, con una prevalencia del 86,27%
 - *Protostrongylus rufescens*, con una prevalencia del 85%
 - *Dictyocaulus filaria*, con una prevalencia del 3,27%
2. Las especies de nematodos ordenadas de mayor a menor según su abundancia son:
 - *Cystocaulus ocreatus*, con un promedio de 665,948 y una desviación estándar igual a 1242,39).
 - *Muellerius capillaris*, con un promedio de 1935,2 y una desviación estándar igual a 3530,71.
 - *Protostrongylus rufescens*, con un promedio de 2828,78 y una desviación estándar igual a 5176,83.
 - *Dictyocaulus filaria*, con un promedio de 7,33987 y una desviación estándar igual a 60,9211.
3. La densidad de larvas es mucho mayor que la densidad de nematodos adultos y los cambios en la densidad de larvas en los distintos meses del año es más acusada. La densidad de larvas alcanza sus valores máximos y mínimos en los meses de marzo y octubre respectivamente

4. No se ha encontrado una relación significativa entre la abundancia de nematodos y las variables independientes utilizadas en este estudio. Por este motivo consideramos necesario incrementar el tamaño de muestra y/o utilizar técnicas estadísticas alternativas (como la selección de modelos y la teoría de la información). Por otra parte, además quedan por analizar otras variables, como los niveles de hormonas esteroideas, otras parasitosis...etc.

5. REFERENCIAS

Acevedo, P., Vicente, J., Alzaga, V., & Gortázar, C. 2005. Relationship between bronchopulmonary nematode larvae and relative abundances of Spanish ibex (*Capra pyrenaica hispanica*) from Castilla-La Mancha, Spain. Journal of Helminthology, 79(02), 113-118.

Acevedo, P., & Cassinello, J., 2009. Biology, ecology and status of Iberian ibex *Capra pyrenaica*: a critical review and research prospectus. Mammal Review, 39(1), 17-32.

Acevedo, P., 2006. Ecogeografía de la cabra montés (*Capra pyrenaica*): relación con otros ungulados en simpatria en el centro-sur de la Península Ibérica.

Alasaad, S., Morondo, P., Dacal-Rivas, V., Soriguer, R. C., Granados, J. E., Serrano, E., & Pérez, J. M. (2009). Bronchopulmonary nematode infection of *Capra pyrenaica* in the Sierra Nevada massif, Spain. Veterinary Parasitology, 164(2), 340-343.

Anderson, R. C. (2000). Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission. CAB International. Wallingford.

Ayalew, L., Frechette, J. L., Malo, R., & Beaugard, C., 1973. Studies on the incidence of *Dictyocaulus filaria* in sheep of Rimouski Region. The Canadian Veterinary Journal, 14(12), 301.

Bornstein, S., Mörner, T., & Samuel, W. M. 2001. *Sarcoptes scabiei* and sarcoptic mange. En: Parasitic diseases of wild mammals, (ed. Por W.N. Samuel, M.J. Pybus, & A.A. Kocan). Manson Publishing-The Veterinary Press, London: pp. 107-119.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L. 1993. Distance Sampling. Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman & Hall, London: 446 pp.

Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, 2003. (<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/catalogo-nacional-de-especies-amenazadas/>)

Escós, J., & Alados, C. L., 1997. Cabra montés: vigía en la montaña: Fauna ibérica. Biológica, (7), 30-41.

Fandos, P. 1991. La cabra montés (*Capra pyrenaica*) en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas. ICONA – CSIC, Madrid: 176 pp.

Fandos, P., Arcenegui, P., & Lora, A. 2012 Evolución demográfica de la cabra montés en andalucía en los últimos 100 años. 30èmes Rencontres du GEEFSN. Cauterets (Francia).

Gaussen, H. & Bagnouls, F. 1953: Saison sèche et indice xérothermique. - Université de Toulouse, Faculté des Sciences, Toulouse, France, 269 pp.

Gerichter, C. B., 1951. Studies on the lung nematodes of sheep and goats in the Levant. Parasitology, 41(3-4), 166-183.

Granados, J.E., Fandos, P., Serrano, E., Cano-Manuel, J., Castillo, A., Pérez, J.M., & Soriguer, R.C. 2007. Bases para la implementación de un plan de gestión de la cabra montés en Andalucía. Ed. Sociedad Granatense de Historia Natural (Granada) pp. 669-690

Granados, J. E., Serrano, E., Pérez, M. C., Fandos, P., Weykam, S., & Soriguer, R. C., 2003. Caracterización del hábitat ocupado por la cabra montés (*Capra pyrenaica*, Schinz 1838) en Andalucía. 391-404 pp.

Herrero, J., Fernández-Arberas, O., Prada, C., García-Serrano, A., & García-González, R., 2013. An escaped herd of Iberian wild goat (*Capra pyrenaica*, Schinz 1838, Bovidae) begins the re-colonization of the Pyrenees: *Mammalia*, 77, 403-407.

Hoby, S., Schwarzenberger, F., Doherr, M. G., Robert, N., & Walzer, C. 2006. Steroid hormone related male biased parasitism in chamois, *Rupicapra rupicapra rupicapra*. *Veterinary Parasitology*, 138(3), 337-348.

IUCN Red List of Threatened Species, 2012. (www.iucnredlist.org)

León-Vizcaíno, L., Ruíz de Ybáñez, M. R., Cubero, M. J., Ortiz, J. M., Espinosa, J., Pérez, L., & Alonso, F. 1999. Sarcoptic mange in Spanish ibex from Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 35(4), 647-659.

Margolis, L., Esch, G.W., Holmes, J.C., Kuris, A.M. & Schad, G.A. 1982. The use of ecological terms in parasitology. *Journal of Parasitology*, 68, 131-133.

Palomo & Gisbert, J. 2002, Atlas de los Mamíferos Terrestres de España. SEO-CSIC-Universidad de Málaga, Madrid: 564 pp.

Pérez, J. M., Granados, J. E., Sarasa, M., & Serrano, E. 2011. Usefulness of estimated surface area of damaged skin as a proxy of mite load in the monitoring of sarcoptic mange in free-ranging populations of Iberian wild goat, *Capra pyrenaica*. *Veterinary parasitology*, 176(2), 258-264.

Pérez, J. M., Ruiz-Martínez, I. S. I. D. O. R. O., Granados, J. E., Soriguer, R. C., & Fandos, P., 1997. The dynamics of sarcoptic mange in the ibex population of Sierra Nevada in Spain—influence of climatic factors. *J Wildl Res*, 2, 86-89.

Pérez, J.M., Granados, J.E., Soriguer, R.C., Fandos, P., Márquez, F.J., and Crampe, J.P., 2002. Distribution, status and conservation problems of the Spanish Ibex, *Capra pyrenaica* (Mammalia: Artiodactyla).

Pérez, J.M., Meneguz, P.G., de Matteis, A., Rossi, L., and Serrano, E., 2006. Parasites and conservation biology: the 'ibex-ecosystem'. *Biodiversity and Conservation*, 15, 2033-2047.

Serrano, E., Granados, J. E., & Pérez, J. M., 2007. Sarcoptic mange and metapodial development in growing male Iberian ibex (*Capra pyrenaica*). *Veterinary Parasitology*, 144(3), 375-379.

Shackleton, D.M. 1997. Wild sheep and goats and their relatives. Status survey and conservation action plan for Caprinae. IUCN / SSC Caprinae Specialist Group, Gland and Cambridge: 390 pp.

van Wyk, J. A., Cabaret, J., Michael, L. M. 2004. Morphological identification of nematode larvae of small ruminants and cattle simplified. *Veterinary Parasitology* 119, 277–306.