

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

FACULTADE DE VETERINARIA DE LUGO



**“DESARROLLO DE GANADERÍA
ECOLÓGICA E INCLUSIÓN SOCIAL”**

TESIS DOCTORAL

Francisco Javier Cortiñas Paredes

Grupo de Investigación COPAR (GI-2120)

Dpto. de Patoloxía Animal

Facultade de Veterinaria

Universidade de Santiago de Compostela

27002-Lugo



Los Profesores Doctores del Departamento de Patoloxía Animal (Área de Sanidade Animal, Facultade de Veterinaria de Lugo) de la Universidade de Santiago de Compostela, Doña Rita Sánchez-Andrade Fernández, Doña María Sol Arias Vázquez, y D. Adolfo Paz Silva,

INFORMAN:

Que la Tesis Doctoral titulada **“Desarrollo de ganadería ecológica e inclusión social”**, que presenta el Licenciado con Grado en Veterinaria D. FRANCISCO JAVIER CORTIÑAS PAREDES para optar al Título de Doctor con Mención Europea, ha sido realizada bajo la dirección conjunta de los abajo firmantes, y en su opinión reúne las condiciones legales precisas.

Y para que conste a los efectos oportunos, firman en Lugo, a 28 de septiembre de 2015.

Rita Sánchez-Andrade Fernández

María Sol Arias Vázquez

Adolfo Paz Silva

“De querer ser a creer que se es ya, va la distancia de lo trágico a lo cómico”.- José Ortega y Gasset

“No importa que los sueños sean mentira, ya que al cabo es verdad que es venturoso el que soñando muere, infeliz el que vive sin soñar”.- Rosalía de Castro



Quiero expresar un agradecimiento muy sincero a todas las personas que han contribuido que la realización de esta Memoria, y de una manera muy especial:

A mis directores, la Profa. Dra. Rita Sánchez-Andrade Fernández por su dedicación y todo su esfuerzo en la realización, y por transmitirme su experiencia por el estudio de la Parasitología con alegría y entusiasmo; a la Profa. Dra. María Sol Arias Vázquez, por prestarme su ayuda todo este tiempo, por la complicidad, y por crear un ambiente de trabajo idóneo a su alrededor; al Prof. Dr. Adolfo Paz Silva, por introducirme en el fabuloso mundo de la investigación, ayudándome desinteresadamente en todo lo necesario, y por su apoyo y ánimo constantes “al otro lado de la mesa”.

Al Dr. José Luis Suárez García de Paredes por guiarme en "mis primeros pasos" en el laboratorio, su buen humor y respeto hacia los animales, y recordarme que ser veterinario no está reñido con “el buen vestir y el saber estar”.

A los catedráticos de Enfermedades Parasitarias, Prof. Dr. Pablo Díez Baños y Profa. Dra. M^a Patrocinio Morrondo Pelayo, por permitirme desarrollar la actividad investigadora en el Laboratorio de Parasitología e Enfermedades Parasitarias de la Facultad de Veterinaria de Lugo.

A los Profesores Doctores Rosario Panadero Fontán, Ceferino López Sáñez y Pablo Díaz Fernández, por el apoyo y ánimo insuflados.

A mis compañeros del Grupo COPAR, Dres. Iván Francisco Vázquez, Rubén Francisco Vázquez y Pablo Piñeiro Fraga, por convertir los momentos de muestreo en una actividad “de lecer”.

A Cristiana Cazapal, Silvia Miguélez e Isabel Rodríguez, por los momentos en el laboratorio, la ayuda técnica y la paciencia.

En especial a mi familia, a mi esposa Jessy, a mis padres Julio y M^a del Carmen por dedicarme gran parte de sus vidas, por estar a mi lado a lo largo de esta carrera y sentir su cariño en todo momento; a mis hermanos Amparo y Javier porque son la alegría de la casa; a mi hermano Juan Luis por compartir tantos buenos años de convivencia durante nuestros estudios.

A PRODEME, y a mis “compañeros” en el trabajo diario en la granja, ellos han sido el punto de inicio de esta Memoria.

MUCHAS GRACIAS A TODOS



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	7
1.1.- HELMINTOS INTESTINALES QUE AFECTAN CON MAYOR FRECUENCIA AL GANADO	8
1.1.1.- Nematodos tricostrongílidos y estrogílidos	8
1.1.2.- Ascariosis porcina	13
1.1.3.- Trematodosis bovinas: <i>Fasciola hepatica</i> y <i>Calicophoron daubneyi</i>	17
1.2. CONTROL INTEGRADO DE LAS HELMINTOSIS EN ANIMALES EN PASTOREO	21
1.2.1.- Tratamientos antiparasitarios en el hospedador definitivo	21
1.3. CONTROL BIOLÓGICO DE HELMINTOS GASTROINTESTINALES	25
1.3.1.- Plantas medicinales	25
1.3.2.- Hongos parasitocidas	26
1.3.3.- Perspectivas del uso de hongos para el control biológico de parasitosis en animales de renta	32
1.3.4.- Efectos adversos del empleo de hongos parasitocidas	33
1.4. TERAPIA DE LA TIERRA	34
1.5. VENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA DE CARNE	38
2.- OBJETIVOS	40
3.- UNIDAD TEMÁTICA.....	42
4.- PUBLICACIONES	46
4.1. PARASITIC DISEASES IN LIVESTOCK UNDER DIFFERENT FARMING PRACTICES: POSSIBILITIES FOR THEIR CONTROL. En "Livestock: Rearing, Farming Practices and Diseases" (Ed. M. Tariq Javed)	47
4.2. PRELIMINARY ANALYSIS OF THE RESULTS OF SELECTIVE THERAPY AGAINST STRONGYLES IN PASTURING HORSES. Journal of Equine Veterinary Science, 32: 274-280.	48
4.3. ABILITY OF THE FUNGUS <i>Duddingtonia flagrans</i> TO ADAPT TO THE CYATHOSTOMIN EGG-OUTPUT BY SPREADING CHLAMYDOSPORES. Veterinary Parasitology, 179: 277-282.	49
4.4. POTENTIAL USE OF <i>Mucor circinelloides</i> FOR THE BIOLOGICAL CONTROL OF CERTAIN HELMINTHS AFFECTING LIVESTOCK REARED IN A CARE FARM. Biocontrol Science and Technology, 25: 1443-1452.....	50
5. DISCUSIÓN GENERAL	51
6. CONCLUSIONES.....	57
7. RESUMEN	59
8. BIBLIOGRAFÍA.....	64

1. ANTECEDENTES

1.1.- HELMINTOS INTESTINALES QUE AFECTAN CON MAYOR FRECUENCIA AL GANADO

En animales en extensivo la prevalencia de infección por nematodos tricostrongilidos y strongilidos es muy elevada. Es importante considerar que estos parásitos desarrollan una fase de su ciclo vital en el medio externo, por lo que la mayor parte del ganado en pastoreo de todo el mundo sufren gastroenteritis parasitarias.

En Galicia, las condiciones climáticas y edáficas favorecen el hábitat del caracol *Lymnaea truncatula*, hospedador intermedio de los trematodos *Fasciola hepatica* y *Calicophoron daubneyi*. Sus fases infectivas son metacercarias que se encuentran entre el pasto o flotando en los riachuelos de los prados en los que se mantiene el ganado. Aunque ambas trematodosis resultan muy prevalentes en bovinos y ovinos, resulta excepcional la parasitación de équidos por trematodos.

En España el 80% de las explotaciones de porcino son en régimen cerrado y la helmintosis más prevalente es la ascariosis. Durante la migración intraorgánica *Ascaris suum* provoca daños que conllevan disminución del rendimiento e incluso enfermedad clínica grave.

Teniendo en cuenta que el objetivo de este trabajo es el Control Biológico y dada la similitud de la fase externa del ciclo entre las distintas especies del mismo género e incluso entre parásitos de la misma familia, para que no resulte reiterativa la descripción en los distintos hospedadores se describe a continuación las características del ciclo biológico de los tricostrongilidos en ovinos, strongilidos en caballos, de *Ascaris suum* en cerdos y los trematodos *Fasciola hepatica* y *Calicophoron daubneyi* se refieren al ganado vacuno, haciendo hincapié en las características de las fases parasitarias que están en el ambiente y que por tanto son susceptibles al ataque de los hongos parasitoides.

1.1.1.- Nematodos tricostrongilidos y strongilidos

Las tricostrongilidosis ovinas afectan al 100% de los rebaños en pastoreo. Normalmente, las infecciones están causadas por diversas especies siendo las asociaciones más frecuentes las formadas por *Teladorsagia* y *Trichostrongylus*.

En el abomaso se localizan los adultos de *Teladorsagia* que miden poco más de 1 cm y son de color pardo; los de *Trichostrongylus axei* que son aún más pequeños, las hembras no llegan a los 10

mm, y blanquecinos, y también se pueden encontrar adultos de *Haemonchus*, más grandes, hasta 2 cm, y de color rojizo porque se alimentan de sangre.

En el intestino delgado de las ovejas se localizan otras especies de *Trichostrongylus*, y de *Nematodirus*, estos últimos son más grandes y suelen estar enrollados formando auténticos ovillos (Meana-Mañes y Rojo-Vázquez, 2000).

Existen 2 grandes grupos de estrongílicos que se localizan en el intestino de los caballos, y que en función del tamaño de los adultos se conocen como grandes y pequeños estróngilos. Los grandes estróngilos tienen color rojizo, y una cápsula bucal grande provista de dientes o placas cortantes en la base, responsables en parte de su elevada patogenicidad. Entre los géneros más importantes se encuentran *Strongylus* y *Triodontophorus* spp. (Sánchez Gómez, 2012), destacando por su patogenicidad *Strongylus vulgaris* (Nielsen *et al.*, 2007; Reinemeyer y Nielsen, 2009; Bonneau *et al.*, 2009).

Los ciatostominos o pequeños estróngilos miden entre 5 y 20 mm, poseen en el extremo anterior una cápsula bucal pequeña con una corona radiada interna y otra externa, y están desprovistos de dientes o placas cortantes. En la Península Ibérica se han identificado ejemplares de los géneros *Cyathostomum*, *Poteriostomum* y *Gyalocephalus* spp. (Cordero y Rojo, 1999; Francisco *et al.*, 2009a).

El ciclo vital de Tricostrongílicos y Estrongílicos es directo, con estadios de desarrollo que tienen lugar en el ambiente y otros de vida parásita en el hospedador.

a) Ciclo biológico externo

La fase externa o preparásita del ciclo comienza con la eliminación de huevos no embrionados con las heces de los animales infectados; dependiendo de la especie, los huevos poseen entre 8 y 32 blastómeros

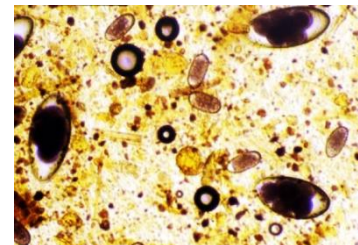


Foto 1.- Huevos de nematodos gastrointestinales (4x).

En el ambiente y con las condiciones ambientales adecuadas, los huevos continúan su desarrollo embrionario y dan lugar al primer estadio denominado primera fase larvaria (L1); ésta rompe la cubierta del huevo y se nutre de la materia orgánica de las heces, muda y se transforma en larva 2 (L2), que nuevamente se alimenta también de materia orgánica y muda otra vez para pasar a

la tercera fase larvaria (L3), que ya es infectiva. Estas larvas que se desarrollan sobre la vegetación suelen ser ingeridas de forma accidental por los animales al pastar.

El periodo de desarrollo, desde que se eliminan los huevos hasta que se transforman en larvas infectivas, es variable; si las condiciones ambientales son óptimas, la L1 eclosiona entre 36 y 48 horas, aproximadamente el mismo tiempo que transcurre hasta que muda a L2, y otros 2 ó 3 días más para que se desarrolle a L3.



Esquema 1.- Ciclo biológico de los nematodos tricostrongídeos

Este esquema general es válido para la mayor parte de los nematodos gastrointestinales, excepto para *Nematodirus* spp. , en este caso las L1 no eclosionan, sino que continúan su desarrollo hasta L2, que sí lo hace y abandona el huevo. Estas características peculiares le confieren mayor resistencia, lo que repercute sobre su epidemiología.

Las larvas libres poseen gran movilidad, siendo capaces de trasladarse desde las heces hasta la hierba. Los movimientos que realizan las larvas en sentido vertical tienen mucha importancia desde el punto de vista epidemiológico, entre los que cabe destacar higrotropismo positivo que impulsa a las larvas a desplazarse a zonas húmedas y fototropismo negativo, en virtud del cual, en las horas de mayor intensidad lumínica, huyen de la luz intensa del día refugiándose en el suelo gracias a un geotropismo positivo nocturno por el que las larvas, una vez que ha disminuido la intensidad de la luz, emigran por la planta hacia la parte superior alejándose del suelo. Debido a estos tropismos de las larvas, las praderas entrañan más riesgo de infección a determinadas horas del día en ciertas épocas del año (Cordero y Rojo, 1999).

b) Ciclo endógenoTrichostrongídeos de ovinos

Transcurridos 2-5 días postinfección (d.p.i.) las L3 de los distintos generos que infectan al ganado ovino alcanzan el cuajar o el intestino delgado y entran en contacto con la mucosa. Algunos géneros como *Trichostrongylus* y *Cooperia* se sitúan sobre su superficie, mientras que otros, como *Teladorsagia* y *Cooperia*, penetran más profundamente entre las vellosidades intestinales o en el interior de las glándulas gástricas, donde se transforman en L4 que vuelven a la luz gastrointestinal entre 6-16 d.p.i. para transformarse en adultos y tras la cópula, las hembras comienzan a eliminar huevos que salen con las heces entre los días 16 y 21 de la infección. La duración de la fase endógena es muy parecida para los distintos géneros, y oscila entre 21 y 28 días.

En determinadas ocasiones, preferentemente en las reinfecciones, el desarrollo normal de las larvas tras su ingestión puede verse modificado por la inmunidad adquirida del hospedador. Esta acción se debe fundamentalmente a la inhibición de la respuesta inmunitaria celular que frena el desarrollo o destruye las larvas al penetrar en la mucosa intestinal, o incluso durante las fases de muda. Las modificaciones más importantes consisten en retrasar el desarrollo larvario, alargando el periodo de prepatencia y reduciendo el porcentaje de larvas que alcanzan el estadio adulto (Rojo et al., 1989).

Estrongídeos de équidos

Los ciclos endógenos de los estrongídeos de los équidos son muy diferentes. Mientras que los “grandes estrongilos” realizan migraciones a órganos diferentes al intestino grueso en donde viven como adultos, los pequeños estrongilos no realizan migraciones intraorgánicas, las larvas van tan sólo hasta la pared del intestino grueso y después regresan a la luz para transformarse en adultos.

A diferencia de los grandes estrongilos, las larvas de ciatostómidos pueden inhibirse en estado precoz en la mucosa y submucosa del intestino grueso, ciego y colon fundamentalmente (Bairden et al., 2006), y una vez en esta localización pueden continuar su desarrollo o permanecer enquistadas como larvas 4 durante varios años. De hecho, más del 90% de los ciatostominos pueden permanecer así más de 2 años (Corning, 2009). El tiempo necesario para la aparición de huevos en las heces es de aproximadamente 2 meses (Silva et al., 1999).

La inhibición del desarrollo larvario, conocida también como detención del desarrollo larvario o hipobiosis, es un fenómeno ampliamente difundido entre los nematodos, que consiste en un cese temporal del desarrollo en un punto concreto del inicio de su vida parasitaria. La inhibición se considera una característica particular de determinadas poblaciones, transmisible de generación en generación, y que únicamente se pone de manifiesto cuando estas poblaciones han soportado, durante la fase de vida libre, estímulos ambientales adversos, en especial temperaturas muy bajas. La duración de la inhibición larvaria es variable, aunque generalmente oscila entre 16 y 18 semanas, permaneciendo las larvas en el interior de la mucosa del hospedador sin apenas estimular su respuesta defensiva (Gibbs, 1986).

Se desconoce el mecanismo por el cual se produce la reanudación y maduración de las larvas en un momento dado, y podría estar potenciada por determinados estados fisiológicos del animal, como el parto o la lactación (Urquhart *et al.*, 1996).

La eliminación periódica de la carga parasitaria mediante tratamientos antihelmínticos puede interferir en la respuesta inmunitaria, ya que según Armour y Duncan (1987), un cierto número de parásitos adultos en el animal puede provocar la inhibición de las larvas ingeridas, estableciéndose así un equilibrio por el que se compensa la eliminación de vermes adultos con la maduración de larvas inhibidas. Así, tras un tratamiento antihelmíntico se puede producir un aumento en el número de huevos por gramo de heces, porque se han eliminado los vermes adultos que impedían la maduración de las larvas inhibidas, pero éstas se desarrollan rápidamente, sobre todo en el caso de que el antihelmíntico no sea eficaz frente a larvas hipobióticas.

Epidemiología de las trichostrongilidosis y estrostrongilidosis

Las condiciones ambientales son fundamentales para el desarrollo y posterior supervivencia de las larvas. Dos factores tienen especial relevancia, la temperatura y la humedad (Hayashi *et al.*, 1981). Temperaturas inferiores a 5°C producen mortalidad larvaria elevada, mientras que las temperaturas máximas que pueden soportar las larvas están en torno a los 26-27°C (Rose y Small, 1984). Otro factor importante es la humedad relativa, y aunque valores próximos al 70% permiten el desarrollo de algunas larvas, el desarrollo óptimo tiene lugar cuando la humedad relativa es del 96% (Gevrey, 1970). Las L3 de *Trichostrongylus* spp. resisten la desecación y temperaturas bajas pero no periodos prolongados de sequía y calor, las de *Ostertagia* spp. y *Teladorsagia* spp. sobreviven al frío pero no la desecación, y las de *Haemonchus* spp. no soportan bajas temperaturas ni la desecación (Uriarte *et al.*, 1990).

La larva de tercer estadio conserva la vaina de la larva 2 lo que le permite sobrevivir a bajas temperaturas, incluso soportar heladas, pudiendo permanecer viables en los pastos varios años (Kuzmina *et al.*, 2006).

La migración de las larvas 3 desde las heces a la parte alta de las hierbas está influenciada por la intensidad lumínica y la humedad (Rose y Small, 1985). La mayor cantidad de larvas en las plantas se observa por la mañana y al final de la tarde (Oksanen y Nikander, 1981). Otros factores como el viento, la lluvia, o determinados invertebrados, pueden influir al favorecer la desintegración de las heces (Grønvold, 1984). Los hongos *Pilobolus* spp. pueden distribuir las larvas favoreciendo la diseminación de la infección.

Para Meana *et al.* (1998), en la Península Ibérica los modelos epidemiológicos vienen definidos por la falta de humedad que ocasiona una elevada mortalidad de larvas en el verano. Se puede considerar que en zonas de clima atlántico existen dos modelos, uno de seco y otro de regadío. En el primero las larvas aumentan en los pastos de octubre a febrero, descienden en marzo-abril y desaparecen casi por completo en verano; por el contrario en áreas húmedas, el modelo epidemiológico anual se caracteriza por tres períodos con máxima población de larvas en el pasto, que coinciden con las tres épocas de parto de los rebaños, el primero a comienzos de la primavera que procede de los huevos eliminados por los animales en pastoreo el otoño anterior, el segundo, desde la mitad de mayo y todo el mes de junio, y el último, que comprende de octubre a diciembre y se debe a los huevos eliminados en el verano y el periparto de otoño (Llorente Alonso, 1999).

La carga parasitaria y la excreción de huevos en un momento determinado dependen por tanto de la cantidad de larvas infectantes en las plantas, de la desinhibición sincrónica de las larvas hipobióticas y también del estado inmunitario del hospedador.

1.1.2.- Ascariosis porcina

Los adultos de *Ascaris suum* (Goeze, 1782) parasitan el intestino delgado de cerdos. En los animales más jóvenes causa pérdidas económicas en el período de engorde y también comisos de hígado (Niemeyer, 1996).

La ascariosis afecta principalmente a porcinos entre 2 y 5 meses de edad. Estaba admitido como cierto que los animales adultos desarrollan una fuerte inmunidad frente a este nematodo. (Stewart y Hale, 1988; Roepstorff y Jorsal, 1989; Roepstorff *et al.*, 1998), pero estudios recientes

señalan que ciertos individuos adultos pueden albergar gran cantidad de parásitos sin mostrar síntomas y que son los responsables de mantener y diseminar la infección (Dold y Holland, 2011). Además estos animales, tras el tratamiento, tienden a adquirir con mayor facilidad cargas parasitarias similares a las albergadas antes de la desparasitación, fenómeno que se conoce como predisposición de algunos individuos (Boes *et al.*, 1998; Elkins *et al.*, 1986; Macpherson, 2013).

a) Ciclo biológico externo

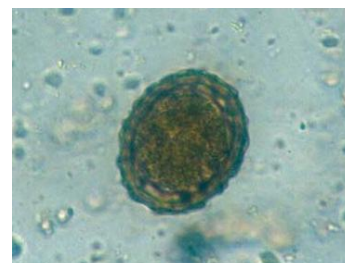
El ciclo biológico de *A. suum* se representa en el esquema nº 2. Las hembras adultas, localizadas en el intestino del cerdo, ponen hasta 1.000.000 de huevos por día, que son eliminados, sin embrionar, mezclados con las heces del hospedador.

Los huevos son esféricos o ligeramente elipsoidales, miden alrededor de 60-75 μm x 50-55 μm ; en ellos se distinguen tres capas, la interna gruesa y transparente, está constituida por una membrana vitelina interna, relativamente impermeable y de naturaleza lipoidea; la capa media es transparente y gruesa y una capa externa, mamelonada albuminoide y generalmente de color marrón dorado (Soulsby, 1987)

En condiciones ambientales favorables de temperatura y humedad, dentro del huevo se desarrolla la larva 1, que a las 3-6 semanas de estar en el ambiente sufre la primera muda y se transforma dentro del huevo en larva 2 que permanece en el interior del huevo como forma infectiva (Cruz *et al.*, 2012). La infección tiene lugar tras la ingestión de huevos infectivos que contaminan el agua de bebida, la comida, las instalaciones y las ubres de las madres. La costumbre de hozar de los cerdos favorece la infección de otros individuos.

b) Ciclo endógeno

Tras la ingestión, estos huevos eclosionan en el intestino del cerdo (Rogers, 1958) necesitando al menos cuatro estímulos para su apertura: temperatura corporal óptima, nivel de anhídrido carbónico de aproximadamente 5 volúmenes/litro, pH en torno a 6 y condiciones reductoras no específicas, tales como las proporcionadas por cisteína, glutatión, bisulfito sódico o anhídrido sulfuroso (Fairbairn, 1960, 1961).



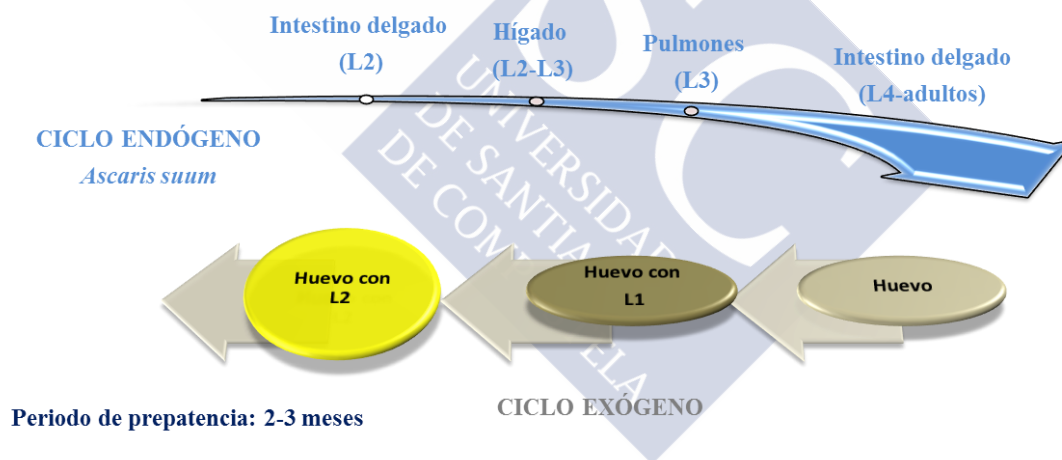
A partir de las 6 horas de la infección, las larvas quedan libres, atraviesan la pared intestinal y a través de la vena porta o directamente por la cavidad peritoneal llegan al hígado. Transcurridas 10-

30 horas, y una vez que las larvas 3 han mudado de nuevo, recuperan la vía sanguínea para alcanzar el corazón y los pulmones a partir del 4º día post-infección (p.i).

Desde los capilares pulmonares las larvas pueden ser transportadas a los tejidos por la vena cava caudal, corazón y arteria pulmonar, en donde se transforman en larvas somáticas, o alcanzar los alveolos ascender por el árbol bronquial y la tráquea hasta llegar a la faringe desde donde son deglutidas con las secreciones bronquiales hasta el intestino.

Cuando llegan al intestino delgado (10-15 días p.i.), mudan de nuevo (L4) y alcanzan la madurez sexual, previa muda final (L5 a los 25-29 días pi). El ciclo completo dura entre 49 y 62 días (Nansen y Roepstorff, 1999).

Algunas larvas regresan al corazón, desde los pulmones, distribuyéndose por diversos órganos, donde mueren en el seno de granulomas.



c) Epidemiología de la ascariosis porcina

Aunque es de sobra conocido que la infección por *A. suum* es muy frecuente en cerdos hay pocos estudios recientes acerca de la prevalencia real. Ilić *et al.* (2013), señalan que en Serbia el 48% de las muestras analizadas por coprología son positivas, mientras que en los países nórdicos el 21'5% de las granjas tienen animales con ascariosis (Roepstorff *et al.*, 1998).

La prevalencia varía con el manejo, la higiene, edad de los cerdos y región geográfica (Roepstorff *et al.*, 1999) pero muy pocas granjas de cerdos están libres de la infección debido fundamentalmente a la prolificidad de este parásito y a la persistencia de sus huevos en el ambiente. En un solo día un lechón puede contaminar el ambiente con millones de huevos, que potencialmente sobreviven durante muchos años (Roepstorff, 2003).

Aunque los huevos en general son muy resistentes a los factores físicos y químicos, pierden la viabilidad cuando se exponen a desecación prolongada, el calor, la luz ultravioleta o microhongos. Larsen y Roepstorff (1999) comprobaron en cerdos en extensivo que los huevos excretados durante el otoño tienen una tasa de supervivencia más alta que los huevos eliminados durante el verano.

En la actualidad existen modelos matemáticos para predecir el riesgo de infección teniendo en cuenta las condiciones climáticas que afectan a los huevos que están en el ambiente y que son capaces de determinar su poder de infección (Fidjeland *et al.*, 2015).

Lindgrem *et al.* (2008) compararon dos sistemas de ganadería orgánica: en el primero los cerdos aprovechaban el pasto durante todo el año excepto en invierno que se estabulaban con acceso a un patio, en el segundo los cerdos permanecían estabulados durante todo el año con acceso a pastos al aire libre en verano y un patio en el invierno. Los resultados mostraron que los niveles de infección por *A. suum* fueron altos en los cerdos de menos de 12 semanas en ambos sistemas. También constataron que existía una gran contaminación de los pastos por huevos de nematodos.

Muchas de las explotaciones porcinas no tienen tierra y venden el estiércol como fuente adicional de ingresos. Gaasenbeek y Borgsteede (1998), valoraron la viabilidad de los huevos de *A. suum* al extender el estiércol de los cerdos sobre parcelas al aire libre con condiciones de sol y lluvia simuladas y comprobaron que la supervivencia de los huevos era mayor en las parcelas húmedas y sombreadas, con al menos el 90% de los huevos viables a las 8 semanas.

En un estudio realizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2000), se comprobó que cuando el estiércol simplemente se almacena en pozos subterráneos, después de 4 semanas el 80% de los huevos de *A. suum* son viables, y que la viabilidad disminuía en estas condiciones al 40% a las 8 semanas, y al 0% a las 16 semanas. Resultados similares son los aportados por Caballero-Hernández *et al.* (2004) al no encontrar ventajas con el ensilado de estiércol de cerdo ya que aproximadamente el 70% de los huevos de *A. suum* permanecen inalterados transcurridos 56 días. También se ha señalado que pueden sobrevivir en ambientes anaerobios como los de los lodos residuales más de 10 años (Rosypal *et al.*, 2007).

Roepstorff *et al.* (2011) indican que los nuevos sistemas de cría de porcino en semiextensivo y el aprovechamiento del estiércol para abonar, entrañan un riesgo de contaminación ambiental con huevos de parásitos zoonóticos que debe de evitarse combinando la desparasitación de los hospedadores con medidas de control sostenibles, como la selección de animales resistentes a las infecciones, la alimentación con forrajes bioactivos, y utilizando hongos ovicidas.

1.1.3.- Trematodosis bovinas: *Fasciola hepatica* y *Calicophoron daubneyi*

El mantenimiento en semi-extensivo empleado en la cría del ganado bovino en el norte de España y la fenología de *Fasciola hepatica* y *Calicophoron daubneyi* propician que fasciolosis y paramfistomosis sean las trematodosis más comunes en el vacuno de Galicia.

a) Ciclo biológico externo

La similitud entre la fase externa del ciclo de *Fasciola hepatica* y *Calicophoron daubneyi* es tal, que pueden compartir el hospedador intermediario, principalmente caracoles del género *Galba*, aunque otros paranfistómidos también pueden emplear caracoles acuáticos de los géneros *Bulinus*, *Glyptarissus*, *Indoplanorbis* o *Planorbis* (Szmídt-Adjidé *et al.*, 2000).

El ciclo biológico externo comienza cuando los huevos de los trematodos caen al suelo mezclados con las heces. *Fasciola hepatica* produce gran cantidad de huevos (3000-5000 al día), son amarillentos, operculados y relativamente grandes (130-150 x 60-90 μm). Los de *C. daubneyi* son muy parecidos a los de *F. hepatica*, pero de color gris pálido a verdoso.

Para que el ciclo continúe es necesario que caigan en los hábitats del hospedador intermediario. Cuando la temperatura es superior a 10°C, en el interior del huevo se forma la larva miracidio que levanta el opérculo, sale del huevo y nada buscando al caracol, cuando lo encuentra penetra a través de su pie y en él se multiplica asexualmente pudiendo dar lugar un solo miracidio a 600 cercarias, que dejan el caracol estimuladas por la luz, y nadan libremente próximas a la superficie del agua, enquistándose en plantas del entorno, formando las metacercarias.

El norte de España ofrece las condiciones apropiadas para el desarrollo de la fase externa del ciclo vital de *F. hepatica* y de *C. daubneyi*, desde los factores climáticos con temperaturas suaves y

lluvias abundantes durante gran parte del año, hasta las edáficas ya que son frecuentes los terrenos llanos y poco drenados que constituyen los hábitats idóneos para el caracol *Galba truncatula*.

b) Ciclo endógeno

Las metacercarias ingeridas por el hospedador definitivo junto con vegetación o agua de bebida, llegan al aparato digestivo en donde se desenquistan por acción de enzimas que se encuentran en el jugo entérico. A partir de entonces, el ciclo endógeno en ambos parásitos es muy distinto:

Fasciola hepatica

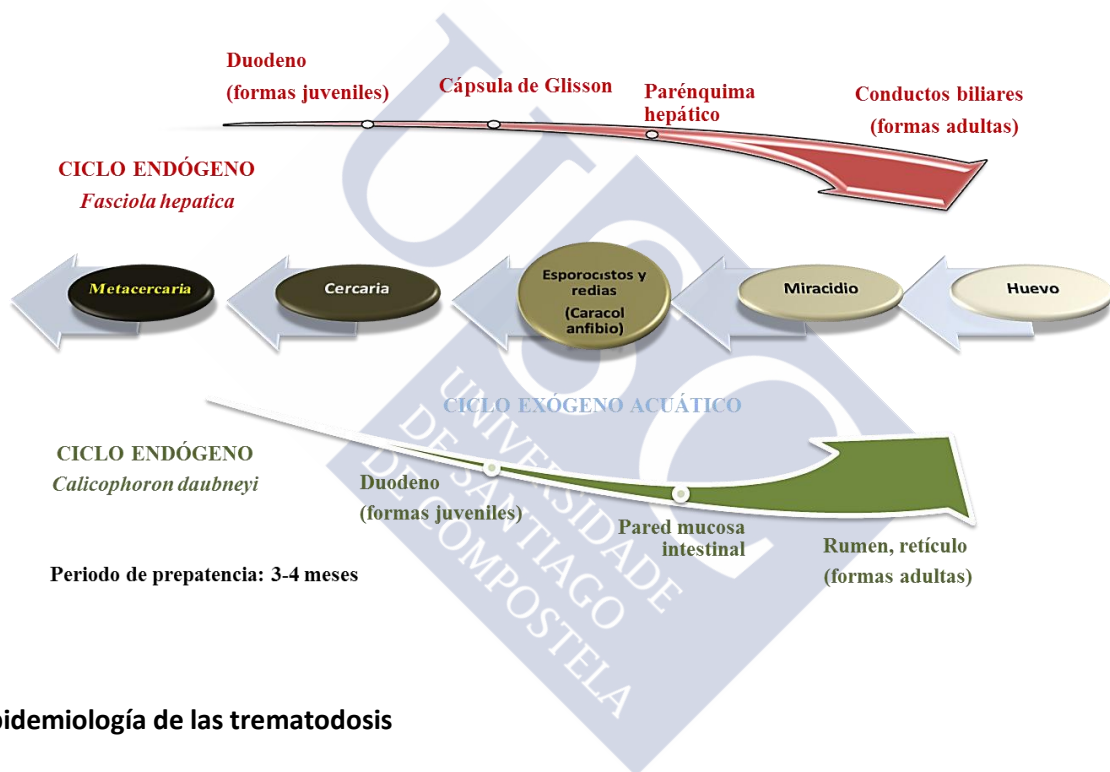
Las adolescarías libres atraviesan la pared intestinal y emigran atravesando el parénquima hepático hasta los conductos biliares, en donde maduran a adultos. Las formas adultas de *F. hepatica* miden aproximadamente 30 milímetros de largo por 13 mm de ancho, tienen color pardo rojizo y forma de hoja. Su cuerpo está recubierto por espinas dirigidas hacia atrás, que ejercen una acción irritativa sobre los tejidos del hospedador.

Este parásito causa lesiones fibróticas en el parénquima hepático que conducen a la pérdida de funcionalidad, alterándose la digestión y causando un efecto negativo sobre el nivel de producción (retraso en el crecimiento, menor ganancia de peso, calidad y cantidad de leche), trastornos en la reproducción o mayor predisposición a padecer otras enfermedades parasitarias e infecciosas. Otro aspecto a tener en cuenta es la posibilidad de que los estadios inmaduros vehiculen en su migración ciertas bacterias anaerobias como *Clostridium*, que proliferan en zonas de necrosis y generan potentes toxinas. Como pérdidas directas destaca el decomiso del órgano en matadero, sin menospreciar los gastos derivados de tratamientos, y los problemas derivados de la aparición de residuos químicos en carne y leche.

Calicophoron daubneyi

En el caso de *Calicophoron daubneyi*, tras la ingestión de las metacercarias infectivas que se encuentran fijadas en la hierba, éstas se desenquistan en el duodeno, liberando las adolescarías que se fijan en la mucosa y a partir de las 6-8 semanas regresan al abomaso y posteriormente al rumen, en donde se asientan definitivamente entre las microvellosidades, para después de unas 3-4 semanas comenzar la puesta de huevos que se eliminan con las heces del hospedador.

Se trata de una enfermedad emergente ya que se incrementó el conocimiento de su extensión en los últimos años. En algunos estudios se ha postulado que una de las causas responsables del incremento de vacas con parafistomosis es la administración errónea de tratamientos fasciolicidas, dado que no está muy extendida la utilización de productos de acción parafistomicida. Afecta con mayor frecuencia a rumiantes jóvenes, causándoles alteraciones digestivas y hemáticas que repercuten de forma significativa en la producción, provocando una menor conversión alimenticia, adelgazamiento, descenso de la producción de leche y en última instancia y en el caso de infecciones masivas, la muerte del animal. Existe evidencia de que estas alteraciones se deben principalmente a trematodos juveniles, pero no se debe desdeñar la patogenicidad de los adultos que provocarían la infección de forma crónica o ruminal.



c) Epidemiología de las trematodosis

La presencia de estas infecciones está asociada a ambientes húmedos, con abundante vegetación y temperaturas moderadas que influyen en el desarrollo del ciclo externo de estos parásitos. En general, el máximo riesgo reside en las estaciones lluviosas, posiblemente debido a que se favorece la multiplicación y propagación de los caracoles, la disgregación de las heces por acción de la lluvia que facilita la dispersión de los huevos de los trematodos, y a la mayor presencia de metacercarias en las zonas encharcadas.

Los parámetros climáticos limitantes son la temperatura y la humedad. Cuando la Tª media día/noche no desciende de 10°C y hay suficiente humedad, los moluscos pueden mantenerse activos durante todo el año. Así, cuanto mayor sea el número de estos caracoles en los pastos, más

posibilidades de éxito tendrán los ciclos de *F. hepatica* y de *C. daubneyi*. Los moluscos infectados en otoño-invierno, con temperaturas máximas por debajo de 20°C y mínimas inferiores a 10 °C, tardan 4-8 meses en emitir cercarias. Estos datos señalan que la temperatura regula la estacionalidad de la infección, y la humedad determina su severidad (Rondelaud *et al.*, 2013).

La resistencia de las metacercarias en el medio externo es muy elevada, soportando mejor el invierno que el verano, debido a que el calor, la desecación y la luz directa del sol las hacen inviables. La cantidad de metacercarias en el pasto y por tanto el riesgo de infección de los animales aumenta al final de la primavera y principio del verano, coincidiendo con las cercarías emitidas por los caracoles que hibernaron infectados bajo el lodo, y por los que se infectan en primavera. Se sabe que tras primaveras y veranos muy lluviosos, los brotes de fasciolosis se manifiestan con más intensidad en el otoño. En regiones con precipitaciones abundantes durante todo el año y sin grandes variaciones de temperatura, se observan las mayores prevalencias e intensidades de eliminación de huevos en otoño e invierno y las más bajas en verano.



1.2. CONTROL INTEGRADO DE LAS HELMINTOSIS EN ANIMALES EN PASTOREO

El Control integrado de pestes se considera como “un sistema de manejo de pestes que utiliza todas las técnicas y métodos apropiados para combatir una o más pestes, interfiriendo lo menos posible con el medio ambiente y manteniéndolas a un nivel que no produzcan daño” (FAO 1972).

En las últimas décadas la realidad de las actuaciones es la antítesis de las anteriores recomendaciones. La inmediatez de los resultados ha propiciado el abuso de los tratamientos antihelmínticos descuidando las prácticas de manejo para el control de las infecciones. Como consecuencia del aumento en la frecuencia de desparasitación y de la combinación de fármacos muchos parásitos gastrointestinales se han vuelto resistentes. A este problema hay que añadir que la industria farmacéutica no asume los costos de investigaciones veterinarias para disponer de nuevos fármacos porque sus prioridades han cambiado hacia el desarrollo de productos destinados a animales de compañía.

Partiendo de la premisa de que no existen soluciones para eliminar las infecciones parasitarias, es necesario buscar medidas que mantengan la intensidad de las mismas en niveles que no provoquen enfermedad y que permitan espaciar las pautas de desparasitación.

1.2.1.- Tratamientos antiparasitarios en el hospedador definitivo

Es importante destacar que de este modo sólo se actúa frente a las formas parasitarias que se encuentra en el hospedador definitivo, por lo que las posibilidades de reinfección con fases que se encuentran en el medio son elevadas. Tampoco hay que olvidar que en ocasiones la quimioterapia consiste en la única opción posible dado que no resulta fácil intentar implementar acciones sobre el medio.

Frente a nematodos se utilizan sobre todo las Lactonas macrocíclicas, las más empleadas son ivermectina y moxidectina, y más recientemente doramectina, abamectina y aversectina. Tienen acción también sobre larvas de oestros que provocan miasis.

El triclabendazol es eficaz contra los estadios inmaduros y adultos de *F. hepatica* sin embargo, no actúa sobre *C. daubneyi*, por eso y considerando que son muy frecuentes las infecciones por los dos trematodos debe valorarse la conveniencia de utilizar oxiclozanida (Arias *et al.*, 2013a).

La administración de los tratamientos antiparasitarios está condicionada por el régimen de manejo de los hospedadores definitivos. También es importante tener en cuenta la eficacia del fármaco frente a las fases parásitas inmaduras, en hipobiosis y maduras. Los productos con acción incompleta sobre los estadios inmaduros ofrecen una protección más breve, no interrumpen el daño causado por la migración de las larvas, y de ordinario deben usarse más frecuentemente.

Es importante destacar que en la práctica, la mayoría de los animales mantenidos en régimen extensivo no se desparasitan, o no se hace de forma correcta, en relación con la dosis administrada (error en el cálculo o estimación del peso vivo de los animales a tratar, o fallo en su administración que conlleve la pérdida de parte de la dosis pautada). También es frecuente que las desparasitaciones no se administren con la frecuencia necesaria, o que sólo se desparasiten aquellos animales con signos clínicos. Por todo ello, y a pesar de que se han puesto en práctica planes de control antiparasitario con rotación de los compuestos químicos, en las últimas décadas han aparecido resistencias a numerosos antiparasitarios a lo largo de todo el mundo (Waller, 1997; Anziani *et al.*, 2004; Montalvo-Aguilar *et al.*, 2006; Encalada Mena *et al.*, 2008).

Por otra parte, como destaca Waller (2006), la resistencia a los xenobióticos se desarrolla muy rápidamente por lo general en un plazo de 10 años. Sirva como ejemplo la aparición de cepas de *Haemonchus contortus* resistentes al monepantel sólo siete años después de su salida al mercado (Van den Brom *et al.*, 2015).

Ciertos estudios de la ecotoxicidad potencial de ciertos antihelmínticos excretados con las heces al medio señalan que tienen efecto letal para muchos escarabajos coprófagos (Herd, 1995), afectando a la degradación de la materia fecal (Iglesias *et al.*, 2005). La persistencia de estiércol no degradado proporciona un ambiente adecuado para que moscas, vectores de otras enfermedades, completen su desarrollo, favorece la supervivencia de larvas de nematodos parásitos del ganado, reduce el área de pastoreo disponible y limita la incorporación de nitrógeno en las especies vegetales (Fincher, 1981).

Lo que resulta incuestionable es que es imprescindible un control integrado y sostenible de las infecciones por helmintos. Para Hoste *et al.* (2015) la solución pasa por combinar la gestión de

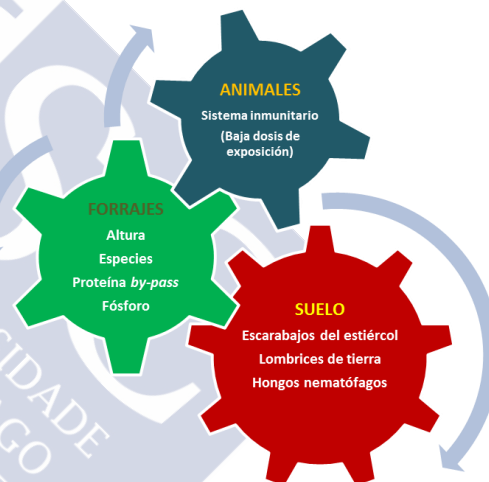
sistemas de pastoreo, la estimulación de la respuesta del hospedador y la modulación de la biología del parásito.

a) Posibilidades de control de las fases de vida libre en el medio

Cualquier actuación sobre el medio requiere del conocimiento de la cronobiología parasitaria, que mediante el análisis conjunto de la presencia de parásitos en el pasto y de las condiciones climáticas, proporcionará datos imprescindibles acerca de los periodos más adecuados para aplicar futuros procedimientos. En programas de control integrado de parásitos es esencial tener en cuenta la época de partos, así como la salida al pasto de los animales jóvenes para dividir las praderas en parcelas que se mantienen sin aprovechar (en descanso) para provocar que los huevos y las larvas mueran.

Para reducir la presencia de larvas de nematodos en el pasto se proponen también otros procedimientos como segar la hierba con frecuencia, rotar distintas especies, o bien retirar las heces de forma mecánica (Lloyd, 2009), aunque este último resulta inviable, como es obvio, cuando se trata de rebaños de ovinos o vacas. Coles

(2002) recomendó recoger las heces de los caballos del pasto 2 veces a la semana cuando las temperaturas son medias y una vez a la semana en invierno.



Otra posibilidad consiste en cultivar y resembrar los terrenos (Baudena *et al.*, 2000), o dejar que la hierba crezca hasta que se pueda ensilar (Soulsby, 2007). Abbott *et al.* (2004) indicaron que si se establece una población de escarabajos peloteros y otra fauna natural que rápidamente elimine el estiércol, se podría disminuir la población de larvas en los pastos.

En los últimos años, ha surgido un nuevo concepto que promueve el uso de los denominados nutracéuticos, vocablo que resulta de la unión entre las palabras "nutrición" y "farmacéutico" (plantas que combinan efectos positivos tanto para la nutrición como para la animal) (Waller y Thamsborg, 2004; Hoste *et al.*, 2006).

Aplicados a las gastroenteritis parasitarias un nutracéutico es un alimento para el ganado, que combina el valor nutricional con efectos beneficiosos sobre la salud de los animales. Esta doble acción depende de la actividad de los metabolitos secundarios de las plantas (PSM) o compuestos bioactivos. Son numerosos los trabajos que señalan el efecto nutracéutico de plantas que contienen taninos y flavonoides (Mueller-Harvey, 2006) que añaden a sus efectos antihelmínticos (Hoste *et al.*, 2012) los generales sobre la nutrición, la salud y la producción de rumiantes (Mueller-Harvey, 2006; Rochfort *et al.*, 2008; Waghorn, 2008; Wang *et al.*, 2015).

En el caso de las trematodosis erradicar los caracoles usando molusquicidas es una técnica en desuso y prohibida en muchos países. Una alternativa es el uso de cianamida cálcica, que además de crear un hábitat poco adecuado para las limneas es una buena práctica agronómica en suelos ácidos.

Resulta eficaz, pero en ocasiones inasumible por costoso, el drenaje de las parcelas encharcadas, colocar bebederos altos, cubrir de cemento los canales de riego etc. En zonas encharcadas en las que se haya constatado la presencia de los caracoles lo más adecuado es el vallado de estas zonas para evitar que el ganado tenga acceso a la hierba que la rodea, También se desaconseja el uso simultáneo de los pastos por bovinos y ovinos.

Para limitar la viabilidad de los huevos de los helmintos presentes en el estiércol que se utiliza para fertilizar los pastos, es preciso asegurar la correcta fermentación de las deyecciones, o bien añadir cianamida cálcica. Es necesario realizar correctamente el secado del heno y del ensilado, y con la adición de una solución de cloruro sódico al 2% a la hierba seca se destruyen las metacercarias. También se desaconseja utilizar el heno y el ensilado hasta que no hayan transcurrido 90 y 30 días, respectivamente, desde su sellado.

1.3. CONTROL BIOLÓGICO DE HELMINTOS GASTROINTESTINALES

Hasta hace algunos años la mayoría de los procedimientos para la optimización de las actividades agropecuarias incluía el empleo de productos químicos en cultivos vegetales (fertilizantes, herbicidas, plaguicidas) y animales de renta (antiparasitarios, antibióticos, hormonas). El descubrimiento de que algunos de ellos podrían intercalarse en la cadena alimentaria y llegar a las personas, junto con su efecto negativo sobre el medio, supuso un cambio de mentalidad hacia la producción agropecuaria sostenible.

La lucha contra los parásitos gastrointestinales sin antihelmínticos es un serio problema en la ganadería extensiva, los recursos para el control de las fases de vida libre en el medio que acabamos de describir no siempre son aplicables y se hace necesario el buscar nuevas estrategias no farmacológicas seguras, eficaces y sustentables.

Son realmente escasas las experiencias en las que no se recurre al control de parásitos mediante el tratamiento con antihelmínticos. Básicamente se podrían resumir en el empleo de algunas plantas medicinales con actividad antihelmíntica, y más recientemente, de hongos del suelo con actividad ovicida. Conviene tener en cuenta que las plantas se administran a los hospedadores definitivos, por lo que no resuelven el problema de la presencia de formas infectivas en el medio, aspecto que sí cubrirían los hongos.

Cabaret *et al.* (2002) señalaron que la medicina homeopática tiene un éxito limitado en el control de helmintos que afectan a animales que se mantienen en granjas ecológicas aunque esta terapia mejora la respuesta inmunitaria del hospedador y le ayuda a soportar mejor la infección.

1.3.1.- Plantas medicinales

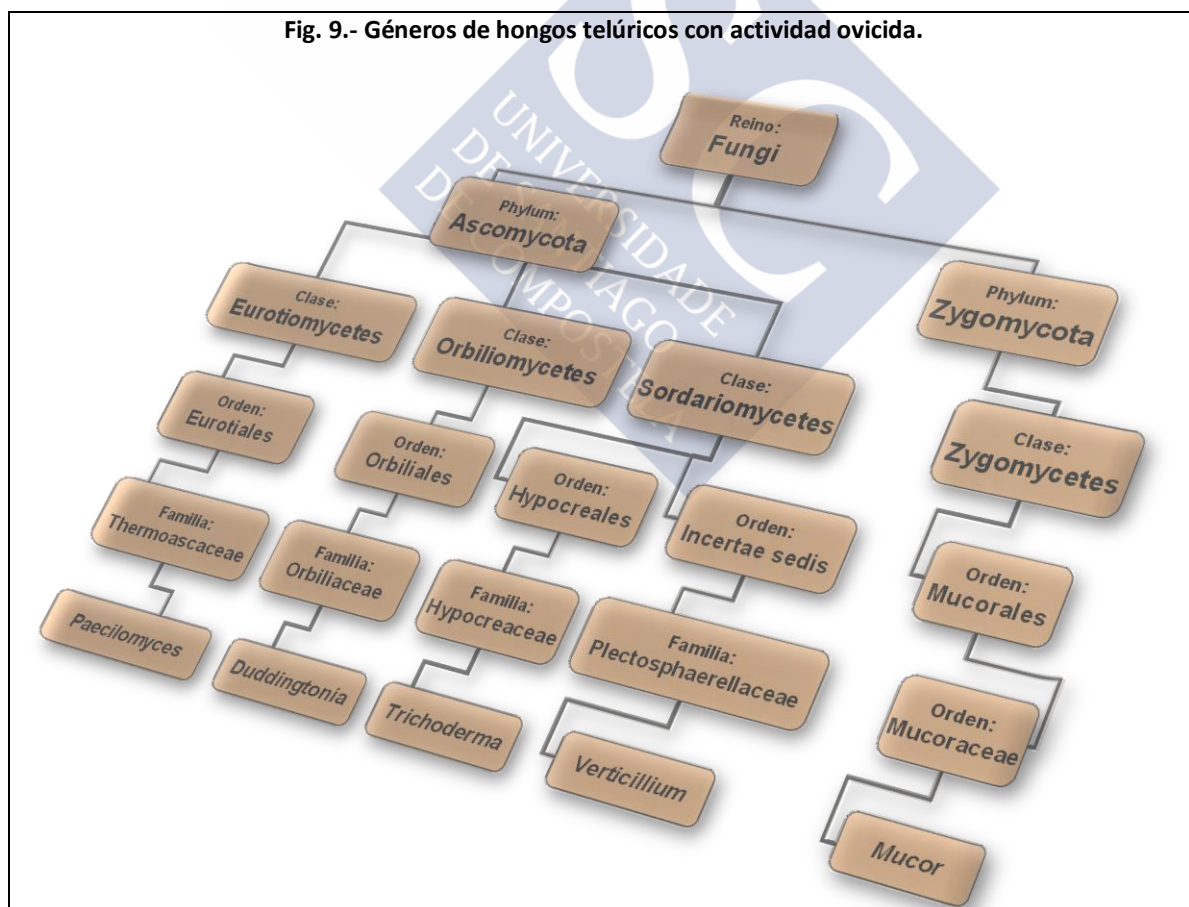
La eficacia antiparasitaria de muchas de las plantas sólo se ha evaluado en laboratorio (*in vitro*). La ausencia de estudios *in vivo* impide conocer qué dosis y en qué forma han de administrarse para que sean eficaces en el campo, y por ello, de casi ninguna se puede afirmar nada sobre su posible utilidad real para el control de parásitos del ganado.

Tampoco se conoce la seguridad de estos productos, en especial la tolerancia de los animales, efectos secundarios, posibles residuos en carne y leche, contraindicaciones, interacciones, etc. Pese a que en algunos países hay productos comerciales basados en infusiones o extractos de plantas empleadas en la fitoterapia humana o de mascotas, en el ganado harían falta kilos o quintales y probablemente su costo sería del todo prohibitivo. De hecho, en la mayoría de los países no hay prácticamente ningún producto para el ganado basado en tales plantas medicinales.

Otro aspecto a considerar es que muchos estudios se refieren a plantas propias de una región que no crecen en otras, o que no se cultivan por falta de mercado. De algunas plantas se han extraído compuestos químicos que poseen eficacia antihelmíntica en pruebas realizadas *in vitro* y en animales de laboratorio. Por ahora no han surgido antihelmínticos comerciales basados en dichos compuestos, y si surgieran, no se trataría ya propiamente de plantas medicinales sino de antiparasitarios más o menos clásicos, como el caso de la ivermectina y otros endectocidas que también tienen su origen en productos naturales.

1.3.2.- Hongos parasitoides

Se han descrito numerosas especies de hongos presentes en el suelo, que principalmente son de naturaleza saprofita, por lo que se alimentan mediante la descomposición de materia orgánica. En la figura 9 se recogen algunos de los hongos más conocidos (Gilman, 1957), aunque su clasificación se revisa con cierta periodicidad. Este es el motivo por el que no aparece *Pochonia chlamydosporia*, puesto que hasta hace algunos años se denominaba *Verticillium chlamydosporium* (Lýsek y Krajčič, 1987).



Son muy escasos los estudios desarrollados en España acerca de la presencia y empleo de hongos con actividad parasiticida. En las provincias de Albacete, Tarragona, Valladolid, Ávila, Cuenca y Girona se han aislado 9 los hongos ovidas *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia*, *Lecanicillium lecanii* y *Paecilomyces lilacinus* (Olivares-Bernabéu y López-Llorca, 2002). En la Comunidad Autónoma de Aragón se han desarrollado diversas investigaciones basadas en el empleo de *Duddingtonia flagrans*, hongo larvicida, en el control de infecciones por estróngilos (*Trichostrongylus* spp.) en ganado ovino que se alimentaba en pastos naturales (Gómez-Rincón *et al.*, 2006, 2007).

En Galicia se han aislado hongos con actividad parasiticida a partir de heces de animales domésticos y silvestres, y también de muestras de suelo de praderas aprovechadas por rumiantes. En concreto, se ha identificado una especie larvicida, *Duddingtonia flagrans*, y 4 ovidas, *Mucor circinelloides*, *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma* sp. y *Verticillium* sp. (Flament Simon, 2015; Palomero Salinero, 2015).

a) Hongos ovidas

Ya se ha mencionado con anterioridad que existe una cierta controversia en la denominación de uno de los hongos ovidas que más se ha utilizado hasta la fecha. Aunque inicialmente se identificó como *Verticillium chlamydosporium*, más adelante se consideró que se trataba de *Pochonia chlamydosporia* (Lýsek y Stěrba, 1991). Mediante la formación de un micelio compacto, este hongo detecta la presencia de huevos de parásitos, los penetra y finalmente elimina el embrión del interior (López-Llorca y Claugher, 1990). Los resultados obtenidos frente a huevos de *T. canis*, *T. vitulorum*, *A. lumbricoides*, *A. suum* y *P. equorum* son muy buenos (Braga *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2010; Braga *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2010; Maciel *et al.*, 2012; De Carvalho *et al.*, 2013).

Las primeras aplicaciones de hongos saprofitos al control de parásitos tuvieron su origen en la lucha frente a nematodos que afectaban a especies vegetales. De este modo surgieron diferentes estudios con *Paecilomyces penetrans* y *Paecilomyces lilacinus* (Rahoo *et al.*, 2011; Khan *et al.*, 2012; Mukhtar *et al.*, 2013a,b), que incluso han llegado a comercializarse (Bio-Nematon®, T. Stanes & Company Ltd., India) para reducir los efectos de *Meloidogyne* sp., *Heterodera* sp., *Radopholus similis*, *Pratylenchus goodeyi* o *Helicotylenchus* sp. sobre los cultivos de sorgo, soja, maíz, arroz o trigo. En base a estos resultados, a principios de siglo (XXI) se ensayó su actividad sobre los huevos de parásitos de mascotas como *Toxocara canis* (Basualdo *et al.*, 2000; Carvalho *et al.*, 2010; Gortari *et al.*, 2008).

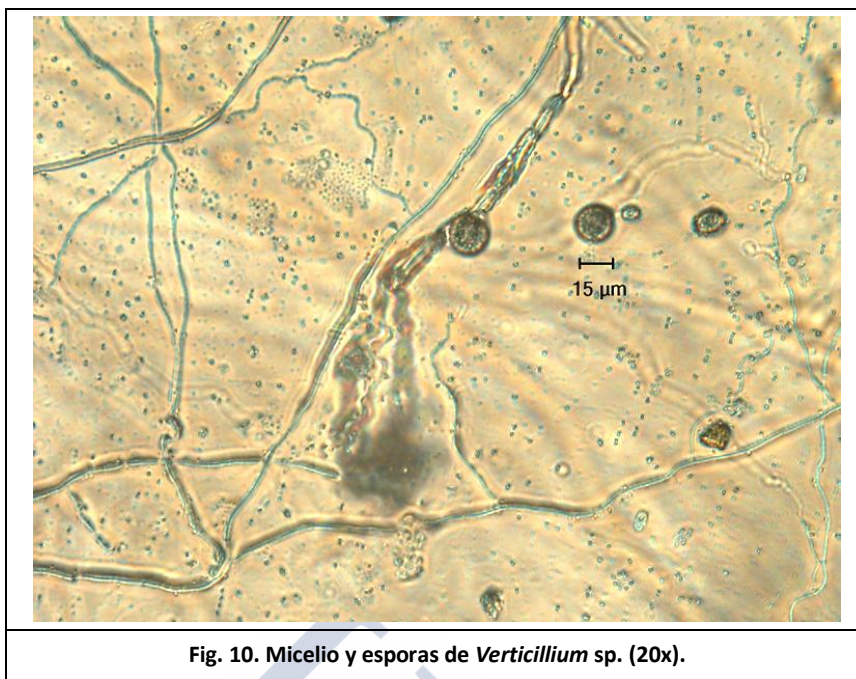


Fig. 10. Micelio y esporas de *Verticillium* sp. (20x).

También se han desarrollado estudios con cepas de *Trichoderma harzianum*, cuyas hifas son capaces de penetrar tanto la cubierta de los huevos como la cutícula de las larvas. Una vez en el interior del huevo, proliferan y liberan metabolitos tóxicos (Dos Santos *et al.*, 1992; Haran *et al.*, 1996). Existen algunas formulaciones disponibles comercialmente (TrichoFlow WP™; Agrimm Technologies Ltd., New Zealand) para la utilización de *T. harzianum* sobre fitopatógenos de hortalizas y cereales como *Sclerotium cepivorum*, *Pyrenochaeta terrestres*, *Fusarium graminearum* o *Urocystis cepulae*.

Mecanismo de acción

La actividad ovicida de ciertos hongos saprofitos transcurre en 4 etapas:



Fig. 11. Contacto entre las hifas de *Verticillium* sp. y un huevo de *F. hepatica* (10x).

Una vez que detectan en sus proximidades huevos de nematodos, se desarrolla el micelio hasta llegar a entrar en **contacto (1)** con la cubierta, lo que supone un nuevo estímulo para el desarrollo más rápido de nuevas hifas y esporas.



Fig. 12.- Detalle del *appresorium* de hifas de *M. circinelloides* sobre la cubierta de un huevo de *F. hepatica* (10x).

A continuación, tiene lugar una modificación del extremo de algunas hifas laterales, que da lugar a un órgano de fijación específico denominado *appresorium* o appresorio, con el que los hongos se **adhieren (2)** a la superficie del huevo.

Las hifas que se disponen en posición perpendicular a la cubierta del huevo son capaces de **penetrar (3)** y alcanzar el interior (Brunori *et al.*, 1985), donde siguen creciendo. Resulta frecuente que las cubiertas se mantengan intactas, salvo en los puntos de penetración. Una vez en el interior del huevo, se originan ramificaciones y de forma simultánea se destruye el contenido interno, incluyendo el embrión.

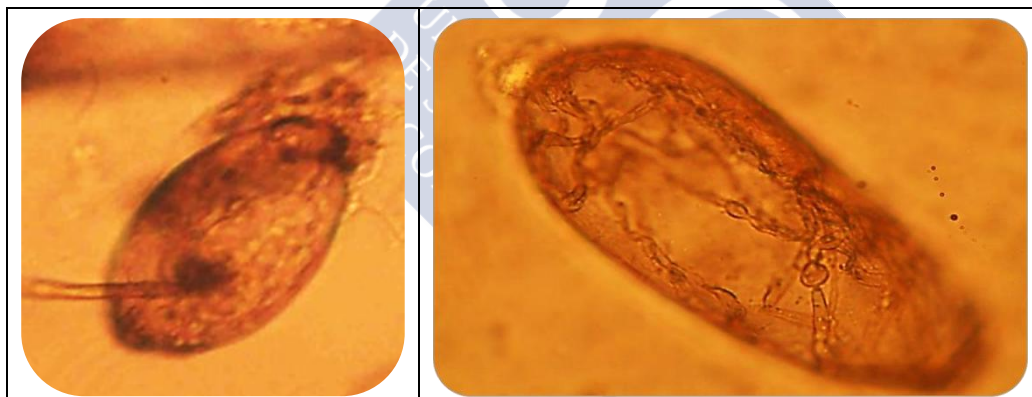


Figura 13.- Destrucción del embrión de *C. daubneyi* y multiplicación de *M. circinelloides* (10x).

Una vez que consumen los nutrientes, los hongos se alimentan de restos de las cubiertas, y ocurre la fase final o de **deliberación (4)**, que se caracteriza porque las hifas retornan al espacio externo entre los huevos, y pueden colonizar de nuevo otros huevos (Lýsek y Štěřba, 1991).

b) Hongos larvicidas

Entre los especímenes con actividad larvicida destaca por su eficacia el hongo atrapanematodos *Duddingtonia flagrans*. Se ha demostrado su eficacia prácticamente frente a todas las especies que

desarrollan larvas de vida libre en el medio, en tanto que no parece ejercer efecto sobre los huevos de ascáridos (Hernández, 2014; Palomero Salinero, 2015). Otras especies de interés pertenecen a los géneros *Monacrosporium*, *Oligospora* o *Arthrobotrys*, que son menos resistentes al trayecto por el tracto digestivo de animales (Mendoza *et al.*, 2006; Araújo *et al.*, 2008).

Duddingtonia flagrans se identifica con relativa facilidad por la producción de diferentes conidios en los extremos de conidióforos, y de numerosas clamidosporas intercaladas con hifas vegetativas (Oorschot, 1985; Scholler *et al.*, 1999). Se trata de esporas de pared gruesa y morfología ovoide o elíptica, de tamaño aproximado de 25-50 μm de largo por 10-15 μm de ancho, si bien se pueden

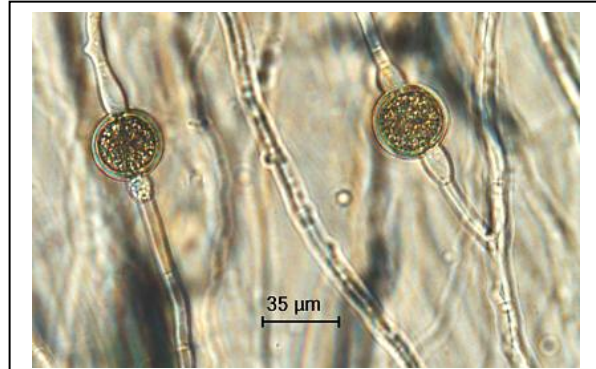


Fig. 14.- Micelio y clamidosporas de *D. flagrans* (20x).

encontrar algunas diferencias de acuerdo a la composición de los medios en los que crecen.

Las hifas se desarrollan y se anastomosan, originando redes tridimensionales que atrapan las larvas de los nematodos y finalmente las digieren (Larsen y Roepstorff, 1999; Gómez-Rincón *et al.*, 2006; Mendoza de Gives *et al.*, 2006). Existe un elevado número de investigaciones *in vitro* e *in vivo* basadas en el empleo de clamidosporas de *D. flagrans* frente a helmintos de animales de renta (Larsen *et al.*, 1995; Fernández *et al.*, 1999; Wright *et al.*, 2003; Braga *et al.*, 2012; Tavela *et al.*, 2012; Madeira de Carvalho *et al.*, 2012; Arias *et al.*, 2013b).

Mecanismo de acción

No está aun demasiado claro el estímulo que inicia la actividad larvicida de especies como *D. flagrans*, *Arthrobotrys* spp. o *Monacrosporium* spp. Tradicionalmente se ha defendido la necesidad del contacto directo entre hongos y nematodos vivos en movimiento (Grønvold *et al.*, 1996; Bogués *et al.*, 2005). Aunque hoyen día se mantiene esta hipótesis, algunos ensayos han señalado que *Duddingtonia flagrans* incrementa su desarrollo en presencia de formas adultas muertas (sin movimiento) de los trematodos *Fasciola hepatica* y *Calicophoron daubneyi* (Arias *et al.*, 2013c). También se demostró similar respuesta al añadir antígenos de excreción/secreción de trematodos al medio de cultivo de los hongos, fenómeno que fue aprovechado posteriormente para estimular la morfogénesis de hongos con actividad ovicida (*Mucor circinelloides*) y larvicida (*Duddingtonia flagrans*), empleándose en concreto la proteína recombinante del tegumento de *F. hepatica* FhrAPS (Arias *et al.*, 2013b). Este medio de cultivo, denominado COPFr, ha sido patentado en fechas recientes (PCT/ES2014/070110).

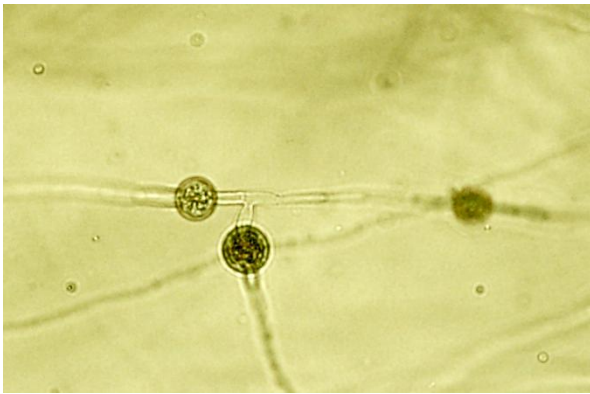


Fig. 17.- Germinación de clamidosporas de *D. flagrans* (20x).

Ante la presencia de materia orgánica en descomposición en el suelo, las clamidosporas de *D. flagrans* inicial la formación de hifas que darán lugar al micelio (Barron, 1977). En presencia de larvas de nematodos parásitos, tiene lugar la **fase de reconocimiento**, en la que los hongos detectan en la cutícula de las larvas unos compuestos que inicialmente recibieron el nombre de *nemina*, y que posteriormente se han relacionado con la lectina (Jansson y Nordbring-Hertz, 1979; Jansson y Thiman, 1992; López-Llorca, *et al.*, 2002). Esta fase se traduce en la rápida multiplicación de las hifas, en las que además se van intercalando *anillos* o *trampas*.

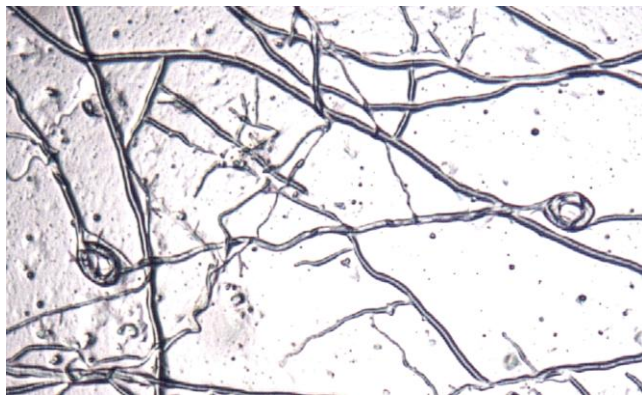


Fig. 18.- Formación de hifas de *D. flagrans* en las que se intercalan *anillos* o *trampas* (10x).



Fig. 19.- Hifas asimilativas de *D. flagrans* que invaden una larva L3 de ciatostomino (10x).

Una diferencia fundamental entre los hongos ovicidas y larvicidas radica en que las larvas de los parásitos están dotadas de movilidad, lo que implica que la **fase de adhesión** entre parásitos y antagonistas no tiene lugar de forma activa. Las larvas se *encuentran* en su desplazamiento hacia formas vegetales, etc., con trampas formadas en las hifas, algunas de las cuales presentan el diámetro suficiente para retenerlas e impedir su avance, consiguiendo inmovilizarlas en poco tiempo (horas). Posteriormente se originan las hifas invasivas, responsables de la **fase de penetración** de la cutícula, y finalmente las *hifas asimilativas*, que como su nombre indica se encargan de la **fase de asimilación** de los nutrientes del interior de la vaina y de la L3.

1.3.3.- Perspectivas del uso de hongos para el control biológico de parasitosis en animales de renta

Junto con la demostración de su eficacia y de su inocuidad, el estudio de las perspectivas del uso de hongos para el control de parasitosis en animales de renta constituye un aspecto clave al que se dedica especial atención.

En la tabla 4 se recogen los resultados de algunos ensayos de control biológico de helmintos en animales de renta. Como se puede apreciar, resulta clave disponer de formulaciones mixtas que faciliten la actuación frente a larvas y huevos de parásitos, muy frecuentes en el suelo en prados donde se alimentan directamente los animales, o se recoge la hierba para la nutrición de individuos estabulados.

En los ensayos mencionados no se ha encontrado ningún efecto adverso tras la administración de esporas de hongos saprofitos, que confirma su inocuidad. Es importante traer a colación, de nuevo, que algunas de las especies señaladas se emplean con elevada frecuencia en el control de formas parasitarias de vegetales, los fitoparásitos, de modo que incluso en el caso de que no se proporcionasen a los animales directamente, éstos podrían ingerir esporas de hongos que se encuentran en el suelo, suceso que efectivamente tiene lugar en condiciones normales.

Tabla 3.- Ensayos de control biológico de helmintosis en ganado de renta.

Autores	Especie animal	Parásito	Hongo	% Eficacia
Waghorn <i>et al.</i> (2001)	Caprino	Nematodos gastrointestinales	<i>Duddingtonia flagrans</i>	32 - 40
Assis <i>et al.</i> (2013)	Vacuno	Nematodos gastrointestinales	<i>Duddingtonia flagrans</i>	56,67
			<i>Monacrosporium thaumasium</i>	47,8
Silva <i>et al.</i> (2013)	Vacuno	Nematodos gastrointestinales	<i>Duddingtonia flagrans</i>	81,2 – 97,3
			<i>Monacrosporium thaumasium</i>	98,3
Sagüés <i>et al.</i> (2011)	Ovino	Nematodos gastrointestinales	<i>Duddingtonia flagrans</i>	92
Ojeda-Robertos <i>et al.</i> (2005)	Ovino	<i>Haemonchus contortus</i>	<i>Duddingtonia flagrans</i>	5,3 – 52,8
Dias <i>et al.</i> (2013)	Vacuno	<i>Fasciola hepatica</i>	<i>Pochonia chlamydosporia</i>	67

La distribución de las esporas de hongos parasiticidas sobre el medio supone un aspecto determinante a la hora de considerar su empleo a gran escala. La mayoría de los estudios han consistido en la administración oral de las esporas mediante jeringas, o en premezcla alimentaria. Más recientemente se ha investigado la utilidad de elaborar de forma manual (en laboratorio) pellets

alimentarios que contienen esporas de hongos (Casillas-Aguilar *et al.*, 2007), procedimiento que ha reportado muy buenos resultados. Algunos estudios han avanzado un poquito más en esta línea, y han observado la elaboración de pellets con hongos en fábricas industriales (Arroyo *et al.*, 2015; Arias *et al.*, 2015), lo que supone una gran contribución puesto que el *único esfuerzo* consistiría en la producción de esporas, que se añadirían al concentrado en la fase de mezcla. El producto final consistiría en pellets que vehiculan esporas de hongos, que desde el punto de vista ganadero entraña la gran ventaja de no suponer una carga de trabajo extra para el propietario, porque en este caso su empleo se vería gravemente complicado.

Otra posibilidad consistiría en la inclusión en bloques minerales (bloques correctores). Aunque *a priori* parece representar una gran ventaja, en especial para su empleo en animales en extensivo, que aprovechan grandes superficies de pastos, hasta el momento sólo se han llevado a cabo ensayos basados en la elaboración *manual* de los bloques con esporas de *Duddingtonia flagrans* (Sagües *et al.*, 2011), y no se dispone de datos relacionados con la fabricación a escala industrial. Asimismo, se ha probado la eficacia de un dispositivo de liberación retardada de las esporas de *D. flagrans* a base de polímeros de soja, demostrándose que esta formulación no afecta a la capacidad larvicida del hongo (Sagües *et al.*, 2014).

Por último, destacar la capacidad de las esporas de *Arthrobotrys robusta* para sobrevivir el proceso de liofilización, hallazgo que sin duda alguna contribuirá a mejorar la conservación y distribución de las esporas Maciel *et al.* (2009).

1.3.4.- Efectos adversos del empleo de hongos parasiticidas

Como ha sido mencionado con anterioridad, los hongos saprofitos se empezaron a emplear frente a fitopatógenos, y no se observaron efectos adversos sobre cultivos vegetales.

Aunque no resulta frecuente, la infección cutánea de personas por *Paecilomyces lilacinus* se ha diagnosticado en todo el mundo, en la mayoría de los casos en pacientes inmunodeprimidos (Hall *et al.*, 2004). También existen referencias acerca de que algunas cepas de *Trichoderma* son patógenos oportunistas de personas y animales inmunodeprimidos. La infección de personas por *Mucor circinelloides* es muy rara, y desde el año 2009 se han diagnosticado 8 casos, todos en pacientes inmunodeprimidos hospitalizados (Lazar *et al.*, 2014).

1.4. TERAPIA DE LA TIERRA

El término Agricultura Social describe el uso terapéutico de las prácticas agrícolas para proporcionar servicios de atención o educativos a grupos vulnerables de la población (Di Iacovo, 2009). La actividad agraria ofrece a estas personas la posibilidad de participar en las tareas, asumiendo la temporalidad del día y de las estaciones, evaluar y disfrutar del resultado del propio trabajo, asumir responsabilidades específicas adaptadas a las diferentes capacidades y formar parte de procesos de equipo para conseguir objetivos comunes.

Este concepto también abarca otros aspectos relacionados con la potenciación del medio rural que son un valor añadido a tener en cuenta ya que defienden un modelo que permite que las personas que lo desean se queden en el campo, cuiden de la tierra, produzcan sus productos y se alimenten de ellos, que vivan, envejeczan y mueran en el seno de su comunidad porque tienen al alcance de la mano los servicios necesarios para ello.

El médico Benjamin Rush (1746-1813) fue uno de los pioneros en preconizar los efectos positivos de la horticultura en el bienestar de los enfermos mentales. Rush, firmante de la Declaración de Independencia y profesor de la Teoría Médica de la Universidad de Pennsylvania, señalaba que los hombres que trabajaban cortando madera y cultivando el jardín, y las mujeres que se ocupaban de lavar y planchar a menudo se recuperaban, mientras que los enfermos cuyo rango les eximía de la realización de este tipo de servicios, languidecían dentro de las paredes del hospital. En el pasado diversas situaciones y acontecimientos llevaron a la gente a descubrir el valor de la Agricultura Social

- ☐ Necesidad de la autosuficiencia en el caso de los marginados o excluidos socialmente (incluidas instituciones para enfermos mentales)
- ☐ Falta de profesionales y centros de atención adecuados en las zonas rurales que abocaban a estas personas a quedarse en la granja familiar.
- ☐ Comunidades autosuficientes idealistas

Las primeras asociaciones que utilizaron la Agricultura Social nacieron de personas solidarias que, en muchos casos, tenían experiencias personales que las involucraban con las dificultades que las personas con discapacidades físicas o mentales y sus familias tienen que afrontar cuando entran en contacto con el mundo laboral para la integración social. En la actualidad, las prácticas de la Agricultura Social proponen la inclusión social a través de actividades útiles que parten del propio potencial y no de las limitaciones.

Antes de la crisis económica estas asociaciones tenían apoyo económico del sector público pero en la actualidad se han recortado o suprimido las ayudas que las administraciones les destinaban por lo que buscan recursos para conseguir autofinanciarse. Si hay algo positivo que la sociedad deba a las estrecheces económicas es haber aprendido la importancia de la solidaridad y el despertar una conciencia que apunta hacia otros modelos de vida sostenibles, valores que promueven en los consumidores la inquietud de conocer qué hay detrás de los alimentos. El origen ecológico y ambiental, junto con el tipo de economía y de valores sociales que se favorecen con el consumo de determinados productos, se está convirtiendo en un factor que ayuda a impulsar el concepto de Agricultura Social.

Por todas estas razones, están naciendo muchas asociaciones que van formando una red que combina producción agrícola con valores sociales. Sus actividades se asemejan a las de las personas con empleo remunerado (es decir, rutina diaria, interacción social, desarrollo de habilidades, oportunidades, remuneración por su trabajo, etc.). Sólo en Europa existen cerca de seis mil proyectos de Agricultura Social que han surgido de la colaboración de instituciones, asociaciones, cooperativas, fundaciones, empresas agrícolas y sociedad civil en general, en la mayoría de los casos sin fines de lucro.

Para el proyecto europeo SoFar (*Social Services in Multifunctional Farms*, Servicios Sociales en granjas multifuncionales), coordinado por el profesor Francesco Di Iacovo de la Universidad de Pisa (Italia), la Agricultura Social tiene una visión multifuncional que proporciona además de productos agrarios, acceso al trabajo, atención sanitaria, educación y terapia. También aporta una visión innovadora por cuanto pone en relación a profesionales de áreas de trabajo tradicionalmente diferentes: producción agraria y servicios sociales, y es capaz de hacer llegar a zonas rurales la atención social de la comunidad.

En Cataluña existen cooperativas dedicadas a la producción hortícola, vinos y aceite, restauración ecológica, yogures y otros productos lácteos que dan empleo a personas discapacitadas o en riesgo de exclusión. El reto de todas estas experiencias estriba en saber responder adecuadamente a la producción de alimentos, calidad, servicio, comercialización y al mismo tiempo saber integrar transversalmente toda una serie de valores añadidos, asegurando la sostenibilidad de la iniciativa.

Aunque el nombre de Agricultura Social puede inducir a pensar que apoya únicamente la producción agrícola, incluye también distintos sistemas de producción animal desde granjas lecheras, ganado para la producción de carne, aves de corral, porcino, caracoles, abejas, escuelas de equitación, y otras relacionadas.



Pese a que el tamaño de las granjas es variable, en general predominan las que se dedican a la producción a pequeña escala, y son minoritarias las dedicadas a la ganadería intensiva. Es muy importante tener en cuenta las preferencias y trabajos con los que disfruta el trabajador. Un número significativo de explotaciones se dedican a la agricultura/ganadería ecológica, quizás por disponer de mano de obra que prefiere el contacto directo con plantas y animales. Otra razón puede ser que habitualmente tienen clientes de alrededor de la granja interesados en comprar comida local y sostenible.

Aunque la autofinanciación de la granja es importante y la participación puede contribuir al proceso de curación y / o sensación de bienestar de los trabajadores al sentirse útiles para la sociedad, en muchas ocasiones las actividades agrícolas que se pueden realizar en la granja están subordinados al proceso terapéutico. Algunas granjas incluidas en el concepto de Agricultura Social sirven como refugios de animales maltratados o abandonados.



En la provincia de Lugo, en el año 1980, se creó la Asociación para la Protección de Deficiente Mental, Prodeme. Se trata de una asociación sin ánimo de lucro y cuya misión principal es prestar apoyos y servicios a las personas con discapacidad intelectual, cualquiera que sea su grado, edad o sexo, para potenciar sus capacidades y mejorar su calidad de vida y la de sus familias.

Para la asociación es muy importante promover la normalización, autonomía, e integración de las personas discapacitadas psíquicas en su entorno familiar, social y en el mundo laboral. Los usuarios de Prodeme, colaboran en talleres de carnicería, albañilería, escayola, limpieza y lavandería, cocina y comedor, en la Explotación Agropecuaria, y en un Centro Especial de Empleo. Esta diversidad de actividades les permite disponer de distintas posibilidades para que cada persona pueda desarrollar una ocupación lo más adecuada con sus habilidades participando en la medida de lo posible en la definición de sus necesidades, así como en la solución de las mismas.

Entre las ocupaciones terapéuticas que sirven para la autofinanciación del centro destacan la venta de abono orgánico compostado en sacos y a granel y la venta de corderos, cerdos y vacuno. Estas actividades juegan también un importante papel al reforzar la relación con la sociedad y sus clientes directos.



Como muestra de las expectativas que genera en los 27 Estados miembros de la Unión Europea pueden encontrarse numerosos ejemplos de actividades de agricultura social. Dicho interés es el resultado de una creciente toma de conciencia del papel potencial de los recursos agrícolas y rurales para mejorar el bienestar social, físico y mental de la población.

A la vez, la agricultura social representa también una nueva oportunidad para que los agricultores puedan ofrecer servicios alternativos

con el fin de ampliar y diversificar el alcance de sus actividades y su papel multifuncional en la sociedad. Esta integración entre actividades agrícolas y sociales puede proporcionar también a los agricultores nuevas fuentes de ingresos y mejorar la imagen de la agricultura.

La Iniciativa para contemplar el área de Agricultura Social dentro de las Redes Rurales Nacionales se inició en diciembre de 2009 en respuesta a una propuesta de la Red Rural italiana. Su objetivo fue identificar y analizar las oportunidades y los obstáculos presentados por los Programas de Desarrollo Rural nacionales/regionales durante 2007-2013 para la puesta en marcha de actividades sobre agricultura social/terapia verde en la Europa de los 27.



Inicialmente participaron en la iniciativa un total de 7 redes rurales nacionales, concretamente Austria, Bélgica–Flandes, Finlandia, Irlanda, Italia, Suecia y Reino Unido, y comenzaron a recabar información sobre la situación de las actividades de agricultura social en sus países.

El 26 de mayo de 2015 La Comisión Europea aprobó 24 nuevos programas destinados a estimular el sector agrícola y en el apartado 17 contempla: La creación y el desarrollo de nuevas actividades económicas a través de nuevas explotaciones, la diversificación hacia actividades no agrícolas, entre otras la prestación de servicios a la agricultura y la silvicultura; las actividades relacionadas con la atención sanitaria, la integración social y las actividades turísticas, es fundamental para el desarrollo de las zonas rurales.

1.5. VENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA DE CARNE

La carne ecológica es un producto de origen natural, que no contiene residuos inorgánicos, farmacológicos u hormonales que puedan afectar la integridad física del consumidor. Entre los animales que se crían de forma natural, destacan el cordero, el ternero, el cerdo y el pollo.

Los animales que darán carne ecológica, deben tratarse respetando las técnicas aprobadas en la Convención Europea para la Protección de Animales Criados con propósitos Ganaderos, adoptada mediante la resolución 78/923/CEE del Consejo, y las normas de la Directiva del Consejo (sobre la Protección de Animales Criados con Propósitos Ganaderos), y deberán estar orientadas al mantenimiento de la buena salud del ganado mediante dietas apropiadas, recurriendo lo menos posible a los productos veterinarios.

En sistemas ecológicos los tratamientos antiparasitarios están basados en terapias naturales asociadas a medidas de manejo, tienen como objetivo controlar la intensidad de la infección y nunca la perspectiva utópica de conseguir la eliminación de los parásitos. En varios trabajos (Roderick *et al.*, 1996; Younie, 2000) después de supervisar el estado sanitario de distintas explotaciones ecológicas, principalmente de rumiantes, se comprobó que, en general, el estado sanitario de los animales es tan bueno como en las explotaciones convencionales aunque resulta menos eficiente y más caro que los sistemas de cebo convencionales (Eguinoa *et al.*, 2012).

Las canales de corderos ecológicos puros son las que ofrecen peores rendimientos, registrando un menor PCC (peso canal en caliente) acompañado de peor estado de conformación y engrasamiento, aunque no de peores medidas zoométricas (espesor y longitud de la pierna expresados en cm), por lo que resulta necesario alargar el período de cebo. En la valoración sensorial (color, textura, flavor y

aceptabilidad general) no se observaron diferencias significativas entre manejos (Eguinoa *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista de la calidad de la carne de vacuno, Hansson *et al.* (2000) destacaron que novillos de sistema ecológico presentaron menor nivel de grasa tanto de cobertura como de grasa intra- muscular. En lo referente a la contaminación bacteriana Couzin (1998) y Díez-González (1998) señalan que los novillos y corderos en sistemas ecológicos tienen menos riesgo de sufrir infecciones por *Escherichia coli*.

Parte de los productores agropecuarios que optan por la ganadería orgánica lo hacen con una firme convicción sobre los principios que dan origen a la alternativa. Otro grupo lo hace para aumentar la rentabilidad de sus explotaciones. Como precios orientativos suelen utilizarse los del mercado ecológico de Estados Unidos, que en general duplican los del producto convencional. Es importante señalar que existen productores ecológicos que consideran que estas producciones proporcionan resultados más estables que las alternativas convencionales una vez que han obtenido conocimientos suficientes y logrado equilibrio de su sistema de trabajo.

Aunque cada vez más consumidores aceptan este mayor precio de venta porque buscan productos saludables de mejor calidad, comprar carne ecológica, es por el momento algo que no está al alcance de todos, ya que es difícil de conseguir fuera de las tiendas especializadas.

2.- OBJETIVOS



El trabajo desarrollado en la presente Memoria se ha articulado en diferentes apartados, con objeto de alcanzar los siguientes **OBJETIVOS**:

- 1.- Determinar las principales parasitosis en explotaciones bajo régimen semi-extensivo en áreas de clima oceánico.
- 2.- Establecer la eficacia de procedimientos de *terapia selectiva* en el control de parásitos de animales en pastoreo (semi-extensivo).
- 3.- Analizar la capacidad del hongo atrapanematodos *Duddingtonia flagrans* para adaptarse a la carga de ciatostomios en las heces de caballos parasitados de forma natural.
- 4.- Estudiar la eficacia de la preparación de una premezcla alimentaria con esporas del hongo ovicida *Mucor circinelloides* en el control de trematodos y ascáridos.



3.- UNIDAD TEMÁTICA

UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

El manejo de especies animales de renta ha experimentado importantes cambios en el último siglo. De un concepto puramente basado en el aprovechamiento de recursos naturales, que implicaba la alimentación de los animales en pastos, contribuyendo a mantener *limpias* grandes áreas de terreno y disminuir así la biomasa vegetal combustible y con ello el riesgo de incendios, se pasó en los años 50 a un régimen intensivo en el que los animales permanecían estabulados y se alimentaban con concentrado para asegurar una productividad cada vez mayor. Con la llegada de la crisis económica en el siglo XXI, se incrementó el coste de cereales, lo que redundó en el de los concentrados alimentarios y finalmente en los productos de origen animal (leche, carne).

Esta situación se ha intentado reconducir en los últimos años, impulsada también por una creciente demanda de alimentos obtenidos de forma respetuosa con el medio, en la que se asegure un correcto bienestar a los animales. Todo ello ha significado la revisión del manejo y la alimentación de animales de renta, y el retorno a sistemas pastoriles. El objetivo es asegurar el rendimiento y productividad de las explotaciones, reduciendo los costes mediante el aprovechamiento de recursos naturales. Cuando se añade a este concepto la supresión casi completa de tratamientos convencionales (farmacológicos) salvo en determinadas ocasiones en las que la salud de los individuos resulta inequívocamente comprometida, se desemboca en un régimen de explotación ganadera sostenible, cimentado también en la prohibición del empleo de productos químicos para la fertilización de especies vegetales o de plaguicidas.

Como se indica en el título de esta Memoria, "**Desarrollo de ganadería ecológica e inclusión social**", el objetivo del trabajo realizado ha consistido en analizar las posibilidades para promover actividades de inclusión social de colectivos desfavorecidos. Para ello, se ha considerado que en una granja en la que se encuentran disminuidos psíquicos adultos, se podrían implementar algunos procedimientos para la explotación en régimen ecológico, que supusiesen no sólo un medio para fomentar la autoestima de este colectivo, sino también un valor añadido a los productos obtenidos en la granja, contribuyendo a su autofinanciamiento puesto que las ayudas gubernamentales cada vez son más escasas. El mecanismo aplicado en este caso fue el control biológico de parásitos en animales en pastoreo.

En esta línea, el **primer ensayo** realizado consistió en determinar la influencia del sistema de manejo de los animales en las parasitaciones que experimenta el ganado. Se analizaron muestras de heces de diferentes especies de animales en diferentes regímenes de explotación, y los resultados se publicaron bajo el formato de capítulo (***Parasitic diseases in livestock under different farming practices: possibilities for their control***) del libro *Livestock: Rearing, Farming Practices and Diseases*

(Nova Science Publishers), en el que se destaca que los animales en extensivo o semi-extensivo están expuestos sobre todo a helmintos y ectoparásitos. También se incide en que la disminución de los beneficios obtenidos en las granjas llega a provocar cambios en el manejo de los animales, que se traducen en el retorno a sistemas en pastoreo que permiten reducir costes de producción (manejo, alimentación, atención veterinaria) e incrementar el valor de los productos obtenidos. Uno de los inconvenientes en estos sistemas de producción es el control de ciertas enfermedades parasitarias, que en general se basa en el tratamiento de los animales. Es habitual que se incremente la frecuencia de la terapia o de la dosis administrada, lo que además de ineficaz y costoso, puede estimular la aparición de cepas de parásitos resistentes a algunos fármacos.

En los últimos años han surgido diferentes corrientes que tratan de asegurar el tratamiento de los animales sólo cuando resulta necesario, que se agrupan bajo la denominación de *Terapia selectiva* (*Selective Therapy*), en función de la cual sólo deben tratarse aquellos animales que exceden una determinada intensidad de parasitación, normalmente expresada en recuentos fecales de huevos, larvas u ooquistes; niveles séricos de pepsinógeno, y más recientemente valores de anticuerpos en muestras obtenidas de tanques de leche. Este concepto está especialmente desarrollado en équidos, pero hasta la fecha no existe criterio unánime acerca del umbral de eliminación de huevos para asignar tratamiento o no. En la **segunda publicación** que se presenta en esta Memoria (***Preliminary analysis of the results of selective therapy against strongyles in pasturing horses***; Journal of Equine Veterinary Science 32 (2012) 274-280; IF: 0,871; 69/133 Veterinary Sciences, JCR® Index) se investigan las consecuencias de la terapia selectiva sobre el riesgo de infección en caballos en pastoreo.

Resulta innegable que la terapia selectiva supone un importante avance en los mecanismos de control de parásitos en animales. Sin embargo, se precisan otras medidas para disminuir el riesgo de infección en regímenes en pastoreo, en los que existe una elevada exposición a formas parasitarias en el suelo (huevos, larvas, ooquistes...). En esta línea, se han descrito diferentes procedimientos como el manejo de animales y pastizales siguiendo rotación de pastos, dejando transcurrir tiempo suficiente para que se destruyan las formas de los parásitos (huevos y larvas) antes de que el ganado vuelva a entrar en las parcelas; otra posibilidad consiste en la roturación y arado de los prados. Estas medidas son muy eficaces y acertadas, pero pueden complicar en cierto grado las tareas a realizar por los cuidadores de los animales. Existe un problema que deriva de la presencia de la materia fecal en los pastos, en la que pueden sobrevivir las formas de diseminación de parásitos protozoos,

trematodos, cestodos o nematodos. La **tercera publicación** (*Ability of the fungus Duddingtonia flagrans to adapt to the cyathostomin egg-output by spreading chlamydo spores*) en *Veterinary Parasitology* (IF: 2,460; 69/133 Veterinary Sciences, JCR® Index) profundiza en el conocimiento de la biología de *Duddingtonia flagrans*, hongo atrapanematodos empleado sobre todo en estrategias de control biológico frente a nematodos estrongilados. En concreto, se evaluó la capacidad de este hongo para adaptarse a la carga de pequeños estróngilos (ciatostominos) en heces de caballos en pastoreo.

Algunos parásitos se caracterizan por la presencia en el suelo de huevos en cuyo interior se desarrolla un embrión hasta la larva 2, que es la forma infectiva. Desde el punto de vista ganadero, resultan de notable importancia ascáridos como *Ascaris suum* o *Parascaris equorum* por su patogenia. Aunque no desarrollan una fase externa similar, es importante tener en cuenta la importancia de los huevos que eliminan trematodos como *Fasciola hepatica* o *Calicophoron daubneyi*. En la **cuarta publicación** incluida en este trabajo (*Potential use of Mucor circinelloides for the biological control of certain helminths affecting livestock reared in a care farm*; *Biocontrol Science and Technology*, IF: 0,938; 69/133 Veterinary Sciences, JCR® Index) se estudió una aplicación concreta para el control de trematodos y ascáridos, que consistió en la elaboración de una premezcla alimentaria con esporas del hongo ovidica *Mucor circinelloides*.

4.- PUBLICACIONES



4.1. PARASITIC DISEASES IN LIVESTOCK UNDER DIFFERENT FARMING PRACTICES: POSSIBILITIES FOR THEIR CONTROL. En "Livestock: Rearing, Farming Practices and Diseases" (Ed. M. Tariq Javed)

https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=22373



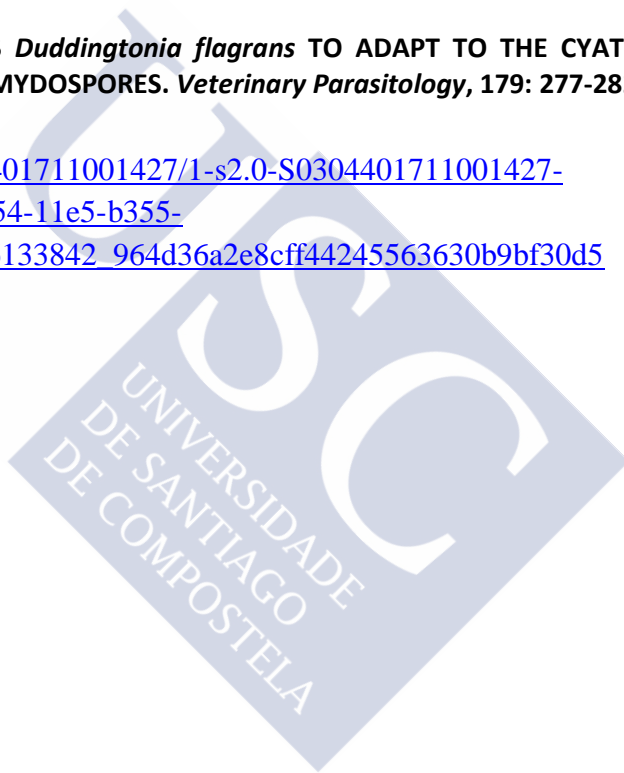
4.2. PRELIMINARY ANALYSIS OF THE RESULTS OF SELECTIVE THERAPY AGAINST STRONGYLES IN PASTURING HORSES. *Journal of Equine Veterinary Science*, 32: 274-280.

http://ac.els-cdn.com/S0737080611005879/1-s2.0-S0737080611005879-main.pdf?_tid=310d9978-7e54-11e5-916f-00000aacb360&acdnat=1446133757_f412f1ab88808616a8ab6821c0691c1a



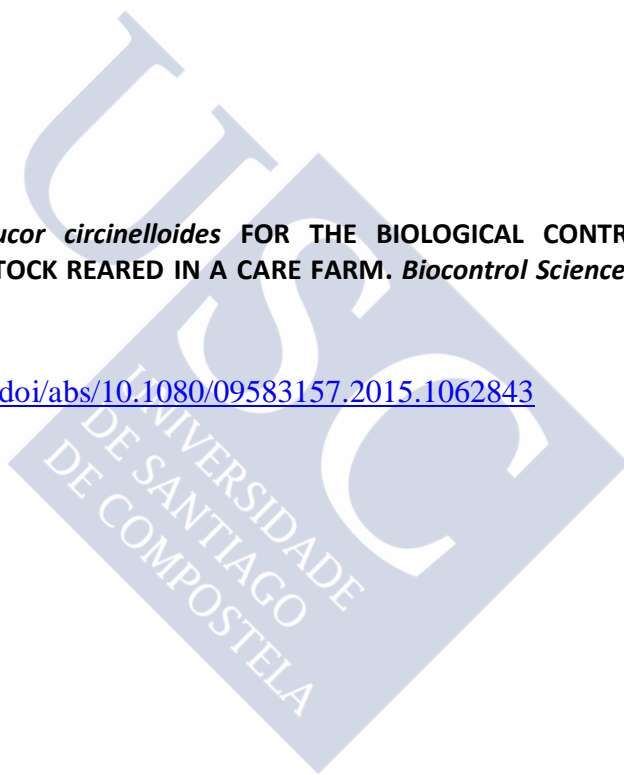
4.3. ABILITY OF THE FUNGUS *Duddingtonia flagrans* TO ADAPT TO THE CYATHOSTOMIN EGG-OUTPUT BY SPREADING CHLAMYDOSPORES. *Veterinary Parasitology*, 179: 277-282.

http://ac.els-cdn.com/S0304401711001427/1-s2.0-S0304401711001427-main.pdf?_tid=6427bc62-7e54-11e5-b355-00000aab0f27&acdnat=1446133842_964d36a2e8cff44245563630b9bf30d5



4.4. POTENTIAL USE OF *Mucor circinelloides* FOR THE BIOLOGICAL CONTROL OF CERTAIN HELMINTHS AFFECTING LIVESTOCK REARED IN A CARE FARM. *Biocontrol Science and Technology*, 25: 1443-1452.

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583157.2015.1062843>



5. DISCUSIÓN GENERAL

Entre los problemas que se describen en las explotaciones ganaderas destacan algunas infecciones parasitarias, encontrándose entre los animales mantenidos en sistemas pastoriles una prevalencia de nematodos gastrointestinales superiores al 40%, y de trematodosis entre el 3 y el 40%. En rumiantes se observó que los coccidios son muy prevalentes en sistemas intensivos, y trematodos, cestodos y nematodos en extensivo o sem-extensivo. En caballos sólo se detectaron cestodos (mayor prevalencia en semi-extensivo) y nematodos (extensivo). Las parasitosis más importantes en suidos en extensivo fueron las coccidiosis y las nematodosis. Estos resultados coinciden con investigaciones previas realizadas en diferentes países (Atkinson y Watson, 1996; Barton, 2002; Haskell *et al.*, 2007; Francisco *et al.*, 2009; Arias *et al.*, 2011).

La mayor parte de los parásitos que infectan a los animales de renta intercalan una fase exógena en su ciclo biológico y estadios como ooquistes, huevos, larvas o quistes encuentran en el ambiente el hábitat adecuado para su desarrollo. Después de completar la fase del ciclo externo se convierten en infectivas para los animales que las ingieren durante el pastoreo, y en ellos los parásitos son responsables de diferentes infecciones.

Frente a estos patógenos, la solución más socorrida es el tratamiento con antihelmínticos, que puede entrañar algunos inconvenientes derivados del coste; la administración de dosis inferiores o superiores a las establecidas puede estimular el desarrollo de cepas de parásitos resistentes a diversos tratamientos, y finalmente con este procedimiento se actúa sobre las formas parasitarias que se encuentran en los animales, pero no sobre aquellos estadios en el medio (suelo), los responsables de la infección y reinfección de los animales (Keiser *et al.*, 2005; Díez-Baños *et al.*, 2008; Martínez-Valladares *et al.*, 2010; Sargison, 2011).

Pese a la gran cantidad de investigaciones realizadas sobre el control de endoparásitos de animales, este problema continúa concitando una gran controversia en parte porque constituye una solución temporal, y resulta necesario administrar repetidamente tratamientos a los animales en pastoreo. Se trata de una cuestión especialmente delicada en los caballos, posiblemente porque en algunos países los valores de resistencia a antihelmínticos son muy elevados (Lyons *et al.*, 2008; Slocombe *et al.*, 2008). En un intento por reducir el empleo de antiparasitarios, se ha aconsejado el tratamiento sólo en animales que exceden un determinado valor de huevos en heces, y que se denomina *terapia selectiva*. No existe un criterio homogéneo, y el punto de corte varía entre 100 HPG (huevos por gramo de heces) y 300 HPG (UHLinger, 1991; Boersema *et al.*, 1996). En la presente Memoria se ha indicado que la aplicación de ivermectina a caballos en pastoreo condujo a la obtención de un FECR (*Fecal Egg Count Reduction*) de estróngilos superior al 90%, mientras que el ERP (periodo de reaparición de huevos en heces) fue de 6 semanas. Estos resultados coinciden en parte con los de

Reinemeyer *et al.* (2003) en Norteamérica y Molento *et al.* (2008) en Brasil, y confirman anteriores apreciaciones en el sentido de la insuficiencia del tratamiento como única medida de control de parásitos en animales en pastoreo.

Los caballos pueden mantenerse en 2 tipos de pastoreo, rotacional o continuo. En el pastoreo continuo los equinos aprovechan una parcela durante un periodo muy extenso, mientras que en el rotacional suelen cambiarse cuando se agota el forraje, que depende de la extensión de la pradera. Este sistema presenta muchas ventajas desde el punto de vista agronómico y de riesgo de infecciones parasitarias. Como los animales no se mantienen de forma continuada, el periodo de espera o de descanso favorece el crecimiento del forraje, que redundará en una mejor alimentación. Es útil para disminuir la presencia de especies vegetales no deseadas, y se produce una mejor fertilización de los terrenos puesto que los equinos depositan pequeñas cantidades de heces en diferentes puntos del terreno. Además, se reduce el nivel de contaminación de las áreas de pasto con formas parasitarias, de modo que los animales están menos expuestos a la infección (Larson *et al.*, 2006). Al comparar los resultados en función del manejo de los caballos, en pastoreo continuo o en rotación, se comprobó un ERP de 9 semanas cuando se observaba una rotación cada 2-3 meses, similar al referido por von Samson-Himmelstjerna *et al.* (2007).

La *Terapia selectiva* presenta innumerables ventajas, y algún inconveniente. Como está basada en el control de estróngilos, no aporta solución por ejemplo a la infección por *Parascaris equorum*, nematodo que tradicionalmente se describe sólo en potros, pero que se ha demostrado que también afecta a caballos adultos (Getachew *et al.*, 2008; Francisco *et al.*, 2009). Esta parasitación entraña otro inconveniente, originado por la cinética de eliminación fecal de huevos, que disminuye de forma espontánea a partir del 4º mes de edad y prácticamente desaparece a los 10 meses (Rodríguez *et al.*, 2015).

Otro aspecto a revisar reside en que se aplican tratamientos sobre los animales que exceden un valor predeterminado de eliminación fecal de huevos, y los que no lo alcanzan permanecen eliminando huevos al medio, que se desarrollarán a larvas y constituirán un riesgo para la infección de todos los individuos.

Ante esta situación, cabe ampliar las medidas de higiene en las explotaciones, y evitar así la exposición de los animales a las formas parasitarias eliminadas en las heces de individuos infectados (Delgado-Pertiñez *et al.*, 2003). En esta línea, para el control de strongilados en equinos se recomienda la retirada manual semanal de las heces de los animales (von Samson-Himmelstjerna *et al.*, 2009).

Aunque se conocen al menos desde mediados del siglo XX, no se ha tenido en consideración real la utilización de ciertas especies de hongos del suelo, saprofitos, que en presencia de algunas formas parasitarias son capaces de nutrirse a partir de huevos (ovicidas) o larvas (larvicidas) (Barron, 1977).

Experiencias llevadas a cabo en diferentes especies de animales domésticos han revelado la utilidad de *Duddingtonia flagrans* para el control de las larvas L3 de nematodos que se encuentran en el suelo (Fernández *et al.*, 1999; Mendoza de Gives *et al.*, 2005; Braga *et al.*, 2011). Sin embargo, se desconoce si este hongo podría adaptarse a diferentes niveles de cargas parasitarias en las heces de caballos parasitados.

Con la pulverización de 4 dosis de clamidosporas de *D. flagrans* (0,1, 0,2, 0,4 y 0,8 $\times 10^6$) directamente sobre las heces de caballos que eliminaban diferentes niveles de huevos de ciatostominos, se consiguió una eficacia media de reducción de L3 del 94%. También se demostró una correlación significativa y negativa entre el porcentaje de reducción de las larvas y los recuentos de larvas, que indica la capacidad de *D. flagrans* para adaptarse a la carga de ciatostominos en heces.

La mayor parte de las medidas para el control de la infección por nematodos se basan en la administración de antihelmínticos de elevada eficacia; sin embargo, se ha destacado la aparición de resistencia en diferentes países (Traversa *et al.*, 2007; Molento *et al.*, 2008; Elsener y Villeneuve, 2009). Por ello, se han realizado importantes esfuerzos en la búsqueda de procedimientos alternativos entre los que se encuentra el empleo de hongos parasiticidas, con objeto de reducir la presencia de estadios de vida libre del pasto (Baudena *et al.*, 2000). Esto resulta particularmente importante en áreas de clima oceánico, en las que las temperaturas moderadas y humedad frecuente a lo largo del año favorecen la supervivencia de las larvas de nematodos en el medio.

Diferentes investigaciones han demostrado la eficacia de *D. flagrans* para capturar y destruir las larvas de nematodos (estrongilados) que se encuentran en el suelo, concluyéndose su utilidad para disminuir su presencia y de este modo el riesgo de infección de animales. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que en condiciones de semi-extensividad, también existe riesgo de infección por otros parásitos, que se transmiten por huevos que albergan en su interior larvas infectivas. En este grupo se encuentran ascáridos o tricúridos. Mención aparte merece también el problema que suponen las trematodosis, en las que los huevos eliminados en las heces dan lugar a un embrión ciliado (miracidio) que después de infectar un caracol, originará la aparición de cercarias y finalmente metacercarias, las fases infectivas (Rojo *et al.*, 2012).

La incorporación de personas con disminución psíquica constituye una de las actividades que se pueden desarrollar en granjas o explotaciones agroganaderas, en las que los animales se suelen mantener en pastoreo vigiladas por estas personas, bajo la supervisión de monitores. Además de esta actividad, es necesario implementar otras que contribuyan en primer lugar al bienestar mental de los disminuídos, que tendrán así la oportunidad de *sentirse útiles* y mejorarán en su

socialización. También es importante tener en cuenta todos aquellos *inputs* adicionales que se pueden derivar del trabajo de los disminuídos, y de la producción de alimentos con unas determinadas características que incrementen su apetencia por los consumidores.

Es en este punto donde convergen las ideas de **ganadería ecológica** e **inclusión social**, que dan título a la presente Memoria. Se parte de la hipótesis de que el desarrollo de ganadería ecológica en granjas contribuiría a la producción de alimentos de mejores características organolépticas que el consumidor sabría apreciar afrontando un pequeño incremento en su coste. Como se ha mostrado en profundidad, ecológico y extensivo o semi-extensivo parten del mismo concepto, al que se añade la limitación en el empleo de antiparasitarios, plaguicidas, fertilizantes inorgánicos, etc. Para ello, se revela extraordinariamente útil el control biológico de parásitos, por doble motivo: en primer lugar, se cumple el requisito de sostenibilidad, y en segundo lugar, es un procedimiento no colegiado, que pueden realizar personas que no están en posesión del título de veterinario.

Con este motivo se procedió a la evaluación de la posibilidad de elaborar premezclas alimentarias que vehiculasen esporas del hongo ovicida *Mucor circinelloides*. Bajo los regímenes de cría convencionales, se debe realizar la desparasitación de los animales después de la prescripción veterinario y / o como consecuencia de los análisis anteriores (Nielsen, 2009). Al incluir el control biológico de parásitos entre las actividades que las personas con discapacidad mental realizan, la prevención de la infección permitiría reducir la frecuencia (y el costo) de la desparasitación del ganado. En la presente investigación, se disminuyó de forma significativa la viabilidad de huevos de ascáridos de suidos (*A. suum*) y trematodos (*F. hepatica*) mediante el uso de esporas del hongo *M. circinelloides*, que sugieren su utilidad potencial para evitar la contaminación de. La fructífera participación de los adultos discapacitados mentales en el estudio proporciona una herramienta muy interesante para desarrollar el control de parásitos en granjas dedicadas a la Agricultura Social.

La distribución de los hongos es un factor que limita su aplicación práctica. Gran parte de los datos acerca de la eficacia parasiticida se han obtenido en estudios *in vitro*; en los ensayos de campo con animales la administración de esporas de los hongos se ha realizado en soluciones acuosas, o en pellets elaborados de forma manual. Recientemente algunos estudios han demostrado la posibilidad de fabricar concentrados comerciales con esporas de hongos, lo que sin duda facilitaría la distribución de los hongos sin añadir un trabajo extra a los cuidadores de animales (Arias *et al.*, 2015). Otra posibilidad pasaría por incluir las esporas en bloques minerales, o en el agua de bebida (Sagües *et al.*, 2013).

Por último, quizás el último escollo en la actualidad está representado por las trabas legales que impiden el empleo de esporas de hongos en animales de producción, en la mayoría de los países. Es preciso destacar que algunos de los hongos mencionados se han aislado de las heces de animales domésticos y salvajes, e incluso de muestras de pastos donde se mantienen estos animales, lo que corrobora por un lado su inocuidad, y por otro, pone de manifiesto que pueden ser ingeridos de forma natural.



6. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio nos han llevado a concluir que:

- 1.- En el ganado en semi-extensivo que se mantiene en áreas de clima oceánico los helmintos son los parásitos más frecuentemente detectados, en especial trematodos y nematodos gastrointestinales.
- 2.- El aprovechamiento de pastos en rotación contribuye a disminuir el riesgo de infección por estrongilados en caballos.
- 3.- Las estrategias de terapia selectiva, basadas en el tratamiento de los animales de acuerdo con los recuentos fecales de huevos de estróngilos, han de incluir también acciones frente a otros parásitos que afectan a los caballos en pastoreo.
- 4.- El tratamiento con moxidectina resulta insuficientemente eficaz para el control de nematodos estróngilos en caballos en pastoreo.
- 5.- El hongo atrapanematodos *Duddingtonia flagrans* se perfila como un candidato idóneo para el control de estrongilados en ganadería ecológica, dada su capacidad para adaptarse a la carga de ciatostominos en las heces de caballos parasitados.
- 6.- El hongo ovicida *Mucor circinelloides* es capaz de atravesar el tracto digestivo de rumiantes y suidos sin disminuir su actividad biológica, proporcionando una herramienta muy útil para desarrollar ganadería ecológica, y ofreciendo una medida muy ventajosa para disminuir el riesgo de infección por trematodos o ascáridos.
- 7.- La participación de disminuídos psíquicos en la preparación de premezclas alimentarias con hongos parasitocidas, constituye una estrategia ideal a implementar en granjas dedicadas a la agricultura social bajo regímenes sostenibles.

7. RESUMEN

Tres son las principales prácticas de crianza clásica desarrollados en todo el mundo, intensivo, semi-extensivo y extensivo, en función del tiempo que los animales pastan en los pastos. La infección por parásitos puede resultar influenciada por el manejo de los animales. La mayoría de los helmintos (cestodos, trematodos, nematodos) presentan un ciclo de vida con una fase externa en el medio ambiente, donde las formas resistentes eliminadas en las heces (huevos, larvas, quistes) se desarrollan para alcanzar los estadios infectivos (larvas, metacercarias), y los animales se infectan cuando se alimentan de pastos contaminados.

Los protozoos que afectan el aparato digestivo se liberan al medio como ooquistes, y el riesgo de infección aumenta en los sistemas intensivos, como ocurrió con ciertos ectoparásitos (sarna y piojos) en el este trabajo. Esto parece indicar que los animales bajo un régimen intensivo podrían estar expuestos principalmente a protozoarios. Por contrario, el ganado en sistemas semi-extensivos o extensivos tiene mayor riesgo de ser infectados por helmintos y ectoparásitos.

Deben tenerse en cuenta varios aspectos relacionados con la crianza de animales. La administración de forraje a los animales mantenidos en intensivo podría aumentar el riesgo de infección por diferentes helmintos (*Moniezia*, *Fasciola*, *Paramphistomum*, nematodos gastrointestinales). La suplementación de los animales criados en sistemas extensivos mediante el uso de comederos colocados en el recinto, la exposición a los parásitos protozoarios se podría mejorar. Se han analizado las principales parasitosis internas que afectan al ganado ir respecto a la forma de cría. Se recogieron y analizaron muestras fecales que pertenecen a la ganadería (vacas, cabras, ovejas, caballos y cerdos) bajo regímenes intensivos, semi-extensivos y extensivos. Se discutieron las posibilidades de control de las enfermedades parasitarias.

El control de parásitos en caballos precisa de la aplicación de medidas para erradicar las etapas de vida libre en pastos, y con frecuencia se basa en la administración de tratamientos solamente. EN este trabajo se aplicó *terapia selectiva* en Caballos de Deporte Español (CDE) que pastan siempre en el mismo prado (contínuo) o en prados diferentes (rotación). En cada grupo, recibieron tratamiento los equinos que excedían un valor de eliminación de 300 huevos de estróngilos por gramo de heces, que consistió en la aplicación tópica de ivermectina o moxidectina. La eficacia del tratamiento se evaluó mediante la estimación de la reducción de los recuentos fecales de huevos (*Faecal Eggs Count Reduction*, FECR) y el número de caballos que eliminaban huevos de parásitos (PHR).

La aplicación de la técnica coprológica de flotación mostró que los caballos eliminaban huevos de nematodos estróngilos y de ascáridos (*Parascaris equorum*). Mediante la elaboración de coprocultivos se comprobó la presencia de *Cyathostomum* y *Gyalocephalus* spp. En todos los grupos tratados, se obtuvo un valor de 100% para el FECR, y el PHR varió de 100% a 12%. El mayor periodo de reaparición de huevos en heces se detectó en los caballos sometidos a pastoreo rotacional y que había recibido ivermectina (9 semanas), en comparación con un período de 6 semanas registrado para los equinos tratados y en pastoreo contínuo. Nuestros resultados parecen apuntar que la

eficacia de la terapia selectiva en los equinos podría reducirse si los caballos con los recuentos de huevos fecales por debajo del valor umbral (por lo tanto no reciben tratamiento) siguen siendo pastando en los mismos prados que los tratados. Se sugiere fuertemente que las partes interesadas consideran realizar análisis fecales periódicos para monitorizar el recuento de huevos fecales, junto con el porcentaje de caballos que eliminan huevos en las heces, para mejorar el efecto de este procedimiento.

En la actualidad cobra fuerza el interés por disponer de medidas ecológicas selectivas, basadas en el empleo de organismos del suelo, capaces de destruir los parásitos sin afectar a microorganismos que intervienen en la fertilización del suelo. Los organismos vivos que forman parte del suelo se agrupan en *macrobiota* (lombrices, raíces de plantas), *mesobiota* (nematodos, gusanos) y *microbiota* (microorganismos como algas, bacterias, hongos, protozoos), que participan activamente en todos los procesos metabólicos que tienen lugar en el suelo, afectando directamente a su calidad y estructura. Además de organismos beneficiosos, en el suelo se encuentran otros perjudiciales para especies vegetales y animales, como algunos parásitos (principalmente helmintos). En condiciones naturales estos organismos perjudiciales son controlados por algunos componentes de la microbiota telúrica (bacterias, hongos, ácaros), que de este modo evitan su propagación descontrolada y con ello la alteración de la macrobiota. Con este motivo, se ha intentado profundizar en el conocimiento de algunos agentes de control biológico, sobre todo de actividad frente a fitonematodos, con el propósito de aplicarlos en actividades agrícolas.

Las especies más conocidas son *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium* spp., *Pochonia chlamydosporia*, *Mucor circinelloides*, *Trichoderma* spp., *Verticillium* spp. y *Paecilomyces* spp. Es importante destacar que todos estos hongos son INOCUOS para los mamíferos, como se desprende de su empleo en el cultivo de hortalizas y frutas. Se alimentan de materia orgánica del suelo, salvo cuando detectan estadios parasitarios en sus proximidades, que provocan su transformación en organismos predadores; en ausencia de formas parasitarias, retornan a un comportamiento saprofito. Esta característica resulta de indudable interés porque acrecienta el equilibrio mencionado anteriormente en el suelo: si existen formas parasitarias estos hongos incrementan su desarrollo porque encuentran aporte extra de Carbono y Nitrógeno, en tanto que cuando no existen, permanecen en estado de latencia (ahorro energético).

El análisis de la capacidad del hongo atrapanematodos *Duddingtonia flagrans* para adaptarse a la carga de ciatostominos en las heces de caballos se realizó sobre 196 muestras recogidas directamente del recto de caballos autóctonos Pura Raza Galega en pastoreo. En función de los recuentos fecales de huevos, se establecieron 3 grupos: = 300, 310-800 y > 800 huevos por gramo de

heces. Se pulverizaron directamente sobre las heces 4 dosis de clamidosporas (0,1, 0,2, 0,4 y 0,8 × 10⁶/100 g de heces) y se mantuvo un lote sin tratamiento como testigo.

Se obtuvo un porcentaje medio de reducción de larvas del 94% (95% IC 91, 97), demostrándose además que la actividad de captura de los hongos aumentaba simultáneamente con el incremento del número de huevos y de larvas de ciatostominos. Se encontró una reducción significativamente más elevada de las L3 en los coprocultivos con más de 800 EPG, lo que indica que la actividad de captura de *D. flagrans* es dependiente de la densidad de larvas. La presente investigación demostró la elevada actividad biológica de *D. flagrans* frente a las larvas L3 de nematodos se puede adaptar a la carga inicial de huevos de ciatostominos en heces, y subraya su eficacia como un método práctico para el control de estos parásitos en los caballos en pastoreo.

En un estudio preliminar para evaluar las posibilidades de los procedimientos de control biológico frente a los parásitos que afectan al ganado criado en una granja que da trabajo a individuos con discapacidades mental, se involucró a estas personas en la difusión de las esporas del hongo filamentoso *Mucor circinelloides* directamente en las heces, o como un aditivo alimentario. En el ensayo en primer lugar, las esporas se rociaron directamente en las heces de lechones y terneros parasitados por ascáridos (*Ascaris suum*) y trematodos (*Fasciola hepatica*), respectivamente. En el segundo ensayo, las esporas se mezclaron con harina de concentrado preparada en la propia explotación para abaratar costes de producción.

La participación de los adultos en los experimentos fue totalmente satisfactoria. En el estiércol en el que se pulverizaron esporas de *Mucor*, la viabilidad de los huevos de *A. suum* y *F. hepatica* se redujo en un 53% y 74%, respectivamente. También se consiguieron reducciones significativas en la viabilidad de los huevos de *Ascaris* (60%) y *Fasciola* (67%) en las heces de los lechones y terneros, respectivamente, alimentados con harina de concentrado a la que se agregaron esporas de *M. circinelloides*, lo que demuestra su capacidad para sobrevivir al tracto digestivo de los animales. Se concluyó que el control biológico de parásitos podría ser útil para disminuir el riesgo de infección en los animales criados por adultos con discapacidad intelectual, y que podría motivarlos a realizar nuevas tareas. Este procedimiento, además, podría resultar muy interesante para incrementar los *inputs* de la granja, y contribuir a su auto-financiación.

El conocimiento de hongos de actividad helmintocida frente a nematodos de especies vegetales data de más de un siglo, en que se observaron en algunos cultivos hortícolas (tomate, lechuga, espárragos, pimientos, zanahorias), y se constató que su presencia se correlacionaba con la reducción de nematodos de los géneros *Meloydogine*, *Heterodera*, *Ditylonchus*, *Pratylonchus* y *Tylandchus*, muy frecuentes en cultivos de tomates, patatas, frutales, soja, etc. Al observarse que aumentaba la presencia de estos hongos si se aplicaba abono orgánico (estiércol) procedentes de animales de renta, en un principio se consideró que la materia orgánica era la que estimulaba el

desarrollo de estos hongos. Sin embargo, investigaciones posteriores señalaron que la presencia de larvas de nematodos parásitos presentes en las heces de los animales constituía el verdadero estímulo para *Arthrobotrys*, *Duddingtonia* o *Monacrosporium*, en tanto que los quistes o huevos lo eran para *Pochonia* o *Paecilomyces*. Esta aseveración ha sido puesta en entredicho por investigaciones recientes en las que se ha demostrado una intensa actividad biológica de *D. flagrans* estimulada por antígenos de nematodos y trematodos, e incluso de ejemplares muertos de estos parásitos.



8. BIBLIOGRAFÍA



- ABBOTT KA, TAYLOR MA, STUBBINGS LA. (2004). Anthelmintic resistance management in sheep. *Vet Rec.* 154: 735-736.
- AHMAN J, JOHANSSON T, OLSSON M, PUNT PJ, VAN DEN HONDEL CA, TUNLID A. (2002). Improving the pathogenicity of a nematode-trapping fungus by genetic engineering of a subtilisin with nematotoxic activity. *Appl Environ Microbiol.* 68: 3408-3415.
- ANAN'KO G, TEPLYAKOVA T. (2011). Factors responsible for transition of the *Duddingtonia flagrans* carnivorous fungus from the saprotrophic to the zootrophic nutrition type. *Microbiology.* 80: 188-193.
- ANZIANI OS, SUAREZ V, GUGLIELMONE AA, WARNKE O, GRANDE H, COLES GC. (2004). Resistance to benzimidazoles and macrocyclic lactone anthelmintics in cattle nematodes in Argentina. *Vet Parasitol.* 122: 303-306.
- ARAÚJO JM, ARAÚJO JV, BRAGA FR, FERREIRA SR, TAVELA AO. (2013) Predatory activity of chlamydospores of the fungus *Pochonia chlamydosporia* on *Toxocara canis* eggs under laboratory conditions. *Rev Bras Parasitol Vet.* 22: 171-174.
- ARAÚJO JM, ARAÚJO JV, BRAGA FR, SOARES FEF, FERREIRA SR, TAVELA AO, FRASSY LN, ALVES CDF, CARVALHO GR. (2012) Control of *Strongyloides westeri* by nematophagous fungi after passage through the gastrointestinal tract of donkeys. *Rev Bras Parasitol.* 21: 157-160.
- ARAÚJO JV, BRAGA FR, SILVA AR, ARAÚJO JM, TAVELA AO. (2008). *In vitro* evaluation of the effect of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium sinense*, and *Pochonia chlamydosporia* on *Ascaris suum* eggs. *Parasitol Res.* 102: 787-790.
- ARAÚJO JV, PEZZI GUIMARÃES M, KANADANI CAMPOS A, CHAVES DE SÁ N, SARTI P, LOPES ASSIS RC. (2004). Control of bovine gastrointestinal nematode parasites using pellets of the nematodetrapping fungus *Monacrosporium thaumasium*. *Ciência Rural*, 34: 457-463.
- ARIAS MS, CAZAPAL-MONTEIRO CF, SUÁREZ J, MIGUÉLEZ S, FRANCISCO I, ARROYO FL, SUÁREZ JL, PAZ-SILVA A, SÁNCHEZ-ANDRADE R, MENDOZA DE GIVES P. (2013b). Mixed production of filamentous fungal spores for preventing soil-transmitted helminth zoonoses: a preliminary analysis. *Biomed Res Int.*; doi: 10.1155/2013/567876.
- ARIAS MS, SANCHÍS J, FRANCISCO I, FRANCISCO R, PIÑEIRO P, CAZAPAL-MONTEIRO C, CORTIÑAS FJ, SUÁREZ JL, SÁNCHEZ-ANDRADE R, PAZ-SILVA A. (2013a). The

- efficacy of four anthelmintics against *Calicophoron daubneyi* in naturally infected dairy cattle. *Vet Parasitol.* 197: 126-129.
- ARIAS MS, SUÁREZ J, CAZAPAL-MONTEIRO CF, FRANCISCO I, LÓPEZ-ARELLANO ME, PIÑEIRO P, SUÁREZ JL, SÁNCHEZ-ANDRADE R, MENDOZA DE GIVES P, PAZ-SILVA A. (2013c). Trematodes enhance the development of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys (Duddingtonia) flagrans*. *Fungal Biol.* 117: 540-544.
- ARIAS M, LOMBA C, DACAL V, VÁZQUEZ L, PEDREIRA J, FRANCISCO I, PIÑEIRO P, SUÁREZ JL, DÍEZ-BAÑOS P, MORRONGO P. SÁNCHEZ-ANDRADE R, PAZ-SILVA A. (2011). Prevalence of mixed trematode infections in an abattoir receiving cattle from northern Portugal and NW Spain. *Vet Rec.* 168, pp. 408 doi: 10.1136/vr.d85
- ARIAS MS, ARROYO FL, CAZAPAL-MONTEIRO C, HERNÁNDEZ JA, SUÁREZ J, FRANCISCO I, LÓPEZ-ARELLANO ME, SÁNCHEZ-ANDRADE R, MENDOZA DE GIVES P, PAZ-SILVA A. (2015). Formulating *Duddingtonia flagrans* in nutritional pellets for the sustainable control of equine strongyles. *J Sci Tech Environ.* 5, pp. 16. ID 3000249
- ARMOUR J, DUNCAN M. (1987). Arrested larval development in cattle nematodes. *Parasitol Today.* 3: 171-176.
- ASSIS RC, LUNS FD, ARAÚJO JV, BRAGA FR, ASSIS RL, MARCELINO JL, FREITAS PC, ANDRADE MA. (2013). Comparison between the action of nematode predatory fungi *Duddingtonia flagrans* and *Monacrosporium thaumasium* in the biological control of bovine gastrointestinal nematodiasis in tropical southeastern Brazil. *Vet Parasitol.* 193: 134-140.
- ATKINSON D, WATSON CA. (1996). The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Anim Sci.* 63: 353-361.
- BAIRDEN K, DAVIES HS, GIBSON NR, HOOD AJ, PARKER LD. (2006). Efficacy of moxidectin 2 per cent oral gel against cyathostomins, particularly third-stage inhibited larvae, in horses. *Vet Rec.* 158: 766-767.
- BARRON GL. (1977). The nematode-destroying fungi. *Topics in Mycobiology*, No. 1. Canadian Biological Publications, Guelph, Canada, 140 pp.
- BASUALDO JA, CIARMELA ML, SARMIENTO PL, MINVIELLE MC. (2000). Biological activity of *Paecilomyces* genus against *Toxocara canis* eggs. *Parasitol Res.* 86: 854-859.

- BAUDENA MA, CHAPMAN MR, LARSEN M, KLEIN TR. (2000). Efficacy of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in reducing equine cyathostome larvae on pasture in south Louisiana. *Vet Parasitol.* 89: 219-230.
- BAUDENA MA, CHAPMAN MR, LARSEN M, KLEI TR. (2000). Efficacy of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in reducing equine cyathostome larvae on pasture in south Louisiana. *Vet Parasitol.* 89: 219-230.
- BLASZKOWSKA J, KURNATOWSKI P, WOJCIK A, GORALSKA K, SZWABE K. (2014). *In vitro* evaluation of the ovistatic and ovicidal effect of the cosmopolitan filamentous fungi isolated from soil on *Ascaris suum* eggs. *Vet Parasitol.* 199: 165-171.
- BOERSEMA JH, EYSKER M, MAAS J, VAN DER AAR WM. (1996). Comparison of the reappearance of strongyle eggs on foals, yearlings and adult horses after treatment with ivermectin or pyrantel. *Vet Q.* 18: 7-9.
- BOES J, MEDLEY GF, ERIKSEN L, ROEPSTORFF A, NANSEN P. (1998). Distribución of *Ascaris suum* in experimentally and naturally infected pigs and comparison with *Ascaris lumbricoides* infections in humans. *Parasitology.* 117: 589-596.
- BOGUŚ MI, CZYGIER M, KEDRA E, SAMBORSKI J. (2005). *In vitro* assessment of the influence of nutrition and temperature on growing rates of five *Duddingtonia flagrans* isolates, their insecticidal properties and ability to impair *Heligmosomoides polygyrus* motility. *Exp Parasitol.* 109: 115-123.
- BONNEAU S, MAYNARD L, TOMCZUK K, KOK D, EUN HM. (2009). Anthelmintic efficacies of a tablet formula of ivermectin-praziquantel on horses experimentally infected with three *Strongylus* species. *Parasitol Res.* 105: 817-823.
- BRAGA FR, ARAÚJO JV, CAMPOS AK, CARVALHO RO, SILVA AR, TAVELA AO, MACIEL AS. (2007). *In vitro* observation of the action of isolates of the fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium* and *Verticillium chlamydosporium* on the eggs of *Ascaris lumbricoides* (Linnaeus, 1758). *Rev Soc Bras Med Trop.* 40: 356-358.
- BRAGA FR, ARAÚJO JV, SOARES FEF, ARAUJO JM, FERREIRA SR, QUEIROZ JH. (2012) Use of statistical tools in the study of the conditions of predation of *Duddingtonia flagrans* versus *Panagrellus* sp. *Biochem Sci Technol.* 22: 559-565.
- BRAGA FR, ARAÚJO JV, SOARES FEF, ARAUJO JM, GENIÈR HLA, SILVA AR, CARVALHO RO, QUEIROZ JH, FERREIRA SR. (2011). Optimizing protease production from an isolate

- of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* using response surface methodology and its larvicidal activity on horse cyathostomin. *J Helminthol.* 85: 164-170.
- BRAGA FR, FERREIRA SR, ARAÚJO JV, ARAÚJO JM, SILVA AR, CARVALHO RO, CAMPOS AK, FREITAS LG. (2010). Predatory activity of *Pochonia chlamydosporia* fungus on *Toxocara* (syn. *Neoascaris*) *vitulorum* eggs. *Trop Anim Health Prod.* 42: 309-314.
- BRUNORI A, BUISCHIO A, CASSINIS A. (1985). *Introduzione allo studio dei funghi.* Casa Editrice "Il Libro" – Italia.
- CABALLERO-HERNÁNDEZ AI, CASTREJÓN-PINEDA F, MARTÍNEZ-GAMBA R, ANGELES-CAMPOS S, PÉREZ-ROJAS M, BUNTINX SE. (2004). Survival and viability of *Ascaris suum* and *Oesophagostomum dentatum* in ensiled swine faeces. *Bioresour Technol.* 94: 137-142.
- CABARET J, BOUILHOL M, MAGE C. (2002). Managing helminths of ruminants in organic farming. *Vet Res.* 33: 625-640.
- CARVALHO RO, ARAÚJO JV, BRAGA FR, ARAÚJO JM, ALVES CD. (2010). Ovicidal activity of *Pochonia chlamydosporia* and *Paecilomyces lilacinus* on *Toxocara canis* eggs. *Vet Parasitol.* 169: 123-127.
- CARVALHO RO, ARAÚJO JV, BRAGA FR, FERREIRA SR, ARAÚJO JM, SILVA AR, FRASSY L.N., ALVES C.D.F. (2009). Biological control of Ancylostomosis in dogs using the nematode-trapping fungus *Monacrosporium thaumasium* in southeastern Brazil. *Vet Parasitol.* 165: 179-183.
- CARVALHO RO, BRAGA FR, ARAÚJO JV. (2011). Viability and nematophagous activity of the freeze-dried fungus *Arthrobotrys robusta* against *Ancylostoma* spp. infective larvae in dogs. *Vet Parasitol.* 176: 236-239.
- CAZAPAL-MONTEIRO C, ARIAS M, SUÁREZ J, RODRÍGUEZ MI, FRANCISCO I, CORTIÑAS FJ, MADEIRA DE CARVALHO LM, SÁNCHEZ-ANDRADE R, PAZ-SILVA A. (2012). Effect of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores on the control of parasite infection in grazing horses. *Forages and grazing in horse nutrition.* 132: 419-423.
- CIARMELA ML, MINVIELLE MC, LORI G, BASUALDO JA. (2002). Biological interaction between soil fungi and *Toxocara canis* eggs. *Vet Parasitol.* 103: 251-257.
- COLES, G.C. (2002) Sustainable use of anthelmintics in grazing animals. *Veterinary Record* 151, 165-169.
- CORDERO, M.; ROJO VÁZQUEZ, F.A. (1999). *Parasitología Veterinaria.* McGraw-Hill.

- CORNING S. (2009). Equine cyathostomins: a review of biology, clinical significance and therapy. *Parasit Vectors*. 2:S1.
- COUZIN, J. (1998). Cattle diet linked to bacterial growth. *Science*, 281, pp. 1579.
- CRUZ DG, SILVA CP, CARNEIRO CNB, RETAMAL CA, THIÉBAUT JTL, DAMATTA RA, SANTOS CP (2009) Acid phosphatase activity during the interaction of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* with the nematode *Panagrellus* sp. *J Invertebr Pathol* 102: 238-244
- CRUZ, L.M., ALLANSON, M., KWA, B., AZIZAN, A., IZURIETA, I. (2012). Morphological changes of *Ascaris* spp. eggs during their development outside of the host. *Journal of Parasitology*, 98: 63-68.
- DE CARVALHO LM, BRAGA FR, DOMINGUES RR, ARAUJO JM, LELIS RT, DE PAULA AT, DA SILVEIRA WF, DE ARAÚJO JV. (2013). Interaction of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* and *Parascaris equorum* eggs in different culture media. *J. Basic Microbiol.*; doi: 10.1002/jobm.201300586
- DELGADO-PERTIÑEZ M., ALCALDE M.J., GUZMÁN-GUERRERO J.L., CASTEL J.M., MENA Y., CARAVACA F. (2003). Effect of hygiene-sanitary management on goat milk quality in semi-extensive systems in Spain. *Small Ruminant Research* 47: 51-61.
- DI IACOVO, F. (2009). L'agricoltura sociale: pratiche e paradigmi nello scenario comunitario. *Sessions Agricoltura Etica e Civile*.
- DIEZ-BAÑOS, P., PEDREIRA, J., SANCHEZ-ANDRADE, R., FRANCISCO, I., SUÁREZ, J.L., DIAZ, P., PANADERO, R., ARIAS, M., PAINCEIRA, A., PAZ-SILVA, A., MORRONDO, P. (2008). Field evaluation for anthelmintic-resistant ovine gastrointestinal nematodes by *in vitro* and *in vivo* assays. *J. Parasitol.* 94: 925-928.
- DÍEZ-GONZÁLEZ, T., CALLOWAY, T.R. KIZOULIS, M.G., RUSSELL, J.B. (1998). Grain feeding and the dissemination of acid-resistant *Escherichia coli* from cattle. *Science*. 281, 1666-1668.
- DOLD C, HOLLAND, CV. (2011). Investigating the underlying mechanism of resistance to *Ascaris* infection. *Microbes Infect.* 13: 624-631.
- DOS SANTOS MA, FERRAZ S, MUCHOVEZ JJ. (1992). Evaluation of 20 species of fungi from Brazil for biocontrol of *Meloidogyne incognita* race-3. *Nematropica* 22: 183-192.

- DUNN MT, SAYRE RM, CARRELL A, WERGIN WP. (1982). Colonization of nematode eggs by *Paecilomyces lilacinus* (Tom) Samson as observed with scanning electron microscope. Scanning electron microscopy 3: 1351-1357.
- DUNN MT. (1983). *Paecilomyces nostocoides*: a new hyphomycete isolated from cysts of *Heterodera zea*. Mycologia 75: 179-182.
- EGUINOVA, P., LABAIRU, J., GRANADA, A. (2006). Calidad de la canal porcina. Efecto de la genética paterna. Revista Navarra Agraria, octubre/noviembre, p 61.
- EGUINOVA, P.; INTXAURRANDIETA, J.M.; LASARTE, J.M.; LAZKANOTEGI, P.; ANCIN, M. (2012). Cuantificación del trabajo en explotaciones de ovino de leche en Navarra. Incidencia de la estacionalidad ligada al pastoreo. SEEP 2012, Pamplona.
- ELKINS, D.B., HASWELL-ELKINS, M., ANDERSON, R.M. (1986). The epidemiology and control of intestinal helminths in the Publicat Lake region of Southern India. I. Study design and pre- and post- treatment observations on *Ascaris lumbricoides* infection. Trans R Soc Trop Med Hyg 80: 774-792.
- ELSENER, J.; VILLENEUVE, A. (2009). Comparative long-term efficacy of ivermectin and moxidectin over winter in Canadian horses treated at removal from pastures for winter housing. Can Vet J., 50: 486-490.
- ENCALADA-MENA LA, LÓPEZ-ARELLANO ME, MENDOZA DE GIVES P, LIÉBANO-HERNÁNDEZ E, VÁZQUEZ-PRATS V, VERA-YCUSPINERA G. (2008). Primer informe en México sobre la presencia de resistencia a ivermectina en bovinos infectados naturalmente con nematodos gastrointestinales. Veterinaria México 39: 423-428.
- FAIRBAIRN D. (1960). In Stauber L.A. Ed. Host influence on parasite physiology. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, N.J., 50-64.
- FAIRBAIRN D. (1961). The *in vitro* hatching of *A. lumbricoides* eggs. Can J Zool. 39: 153-162.
- FAO. (1972). Food and Agriculture Organization of the United Nations The state of food and agriculture. Rome. 191.
- FERNANDES FM, ARAÚJO JV, BRAGA FR, GUIMARÃES PHG, ARAUJO JM, FERREIRA SR, CARVALHO RO, MELLO IK, FUJIWARA RT. (2012) *In vitro* biological control of infective larvae of *Ancylostoma ceylanicum*. Rev Bras Parasitol Vet. 21: 283-286.
- FERNÁNDEZ, A.S., LARSEN, M. NANSEN, P., GRØNVOLD J., HENRIKSEN, A., BJØRN, H. WOLSTRUP J. (1999) The efficacy of two isolates of the nematode-trapping fungus

- Duddingtonia flagrans* against *Dictyocaulus viviparus* larvae in faeces. Veterinary Parasitology, 85: 289-304
- FERREIRA SR, ARAÚJO JV, BRAGA FR, ARAUJO JM, CARVALHO RO, SILVA AR, FRASSY LN, FREITAS LG. (2010). Ovicidal activity of seven *Pochonia chlamydosporia* fungal isolates on *Ascaris suum* eggs. Trop Anim Health Prod. 43: 639-642.
- FIDJELAND, J., SVENSSON, SE, VINNERÅS, B. (2015). Ammonia sanitization of blackwater for safe use as fertilizer. Water Science & Technology, 71: 795-800.
- FINCHER GT. (1981). The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. Journal of the Georgia Entomological Society, 16: 316-333.
- FLAMENT SIMON, S. (2015). Prevención de zoonosis parasitarias mediante hongos telúricos. Trabajo de Fin de Grado, Facultade de Veterinaria de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela.
- FRANCISCO, I.; ARIAS, M.; CORTIÑAS, F.J.; FRANCISCO, R.; MOCHALES, E.; SÁNCHEZ, J.A.; SUÁREZ, J.L.; MORRONDO, P.; URIARTE, J.; SÁNCHEZ-ANDRADE, R.; DÍEZ-BAÑOS, P.; PAZ-SILVA, A. (2009a). Silvopastoralism and autochthonous equine livestock. Analysis of the infection by endoparasites. Vet Parasitol., 164: 357-362.
- FRASSY LN, BRAGA, FB, SILVA, AR, ARAÚJO, JV, FERREIRA, SR, FREITAS, LG. (2010) Destruction of *Toxocara canis* eggs by the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*. Rev Soc Bras Med Trop 43: 102-104.
- GAASENBEEK CP, BORGSTEEDE FH. (1998). Studies on the survival of *Ascaris suum* eggs under laboratory and simulated field conditions. Vet Parasitol. 75: 227-34.
- GEVREY J. (1970). Étude du peuplement d'une prairie naturelle par les larves infestantes de "strongles" parasites du tractus digestif des ovins. II. Déplacements larvaires verticaux. Ann. Rech. vétér. 1: 233-252.
- GIBBS HC. (1986). Hypobiosis and the periparturient rise in sheep. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2: 345-353.
- GILMAN J. (1957). A Manual of Soil Fungi. 2nd ed. Iowa State College Press, Ames.
- GÓMEZ-RINCÓN, C., URIARTE, J., VALDERRÁBANO, J. (2006). Efficiency of *Duddingtonia flagrans* against *Trichostrongyle* infections of sheep on mountain pastures. Vet Parasitol., 141: 84-90.

- GÓMEZ-RINCÓN, C., URIARTE, J., VALDERRÁBANO, J. (2007). Effect of nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* and energy supplementation on the epidemiology of naturally infected kids. *Vet. Res.*, 38: 141-150.
- GORTARI C, CECILIA CAZAU C, ROQUE HOURS R. (2007). Hongos nematófagos de huevos de *Toxocara canis* en un paseo público de La Plata, Argentina. *Rev Iberoam Micol*; 24: 24-28.
- GORTARI MC, GALARZA BC, CAZAU MC, HOURS RA. (2008). Comparison of the biological properties of two strains of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson associated to their antagonistic effect onto *Toxocara canis* eggs. *Malays J Microbiol*. 4: 35-41.
- GRONVOLD J, HENRIKSEN SA, LARSEN M, NANSEN P, WOLSTRUP J. (1996) Aspects of biological control with special reference to arthropods, protozoans and helminths of domesticated animals. *Vet Parasitol* 64: 47-64.
- GRØNVOLD J. (1984). On the possible role of birds as transport hosts of 3rd-stage trichostrongyle larvae. Preliminary results. *Acta Vet Scand*. 25: 143-144.
- HALL VC, GOYAL S, DAVIS MD, WALSH JS. (2004). Cutaneous hyalohyphomycosis caused by *Paecilomyces lilacinus*. report of three cases and review of the literature. *Int J Dermatol*. 43: 648-653.
- HANSSON, L., JEDRZEJEWSKA, B. AND JEDRZEJEWSKI, W. (2000). Regional differences in dynamics of bank vole populations in Europe. – *Polish J. Ecol*. 48: 163-77.
- HARAN S, SCHICKLER H, OPPENHEIM A, CHET I. (1996). Differential expression of *Trichoderma harzianum* chitinases during mycoparasitism. *Phytopathology* 86: 980-985.
- HAYASHI S, SUEMITSU T, KUNII C. (1981). Soil-transmitted helminthiasis control program in Japan (author's transl)]. *Bol Chil Parasitol*. 36: 2-5.
- HERD, R. (1995). Endectocidal drugs: ecological risks and counter-measures. *International Journal for Parasitology*, 25: 875-885.
- HOSTE H, TORRES-ACOSTA JF, SANDOVAL-CASTRO CA, MUELLER-HARVEY I, SOTIRAKI S, LOUVANDINI H, THAMSBORG SM, TERRILL TH. (2015). Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. *Vet Parasitol*. 212: 5-17.
- HOSTE, H. ; JACKSON, F. ; ATHANASIADOU, S. ; THAMSBORG, S. M. ; HOSKIN, S. O. (2006). The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology*, 22: 253-261.

- HOSTE, H. MARTINEZ-ORTIZ-DE-MONTELLANO C., MANOLARAKI, F., BRUNET, S. OJEDA-ROBERTOS, N. FOURQUAUX, I., TORRES-ACOSTA, J.F., SANDOVAL-CASTRO C.A. (2012). Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Vet. Parasitol.*, 186: 18-27.
- IGLESIAS, L.E.; SAUMELL, C.A.; FUSÉ, L. A.; LIFSCHITZ, A. L.; RODRIGUEZ, E. M.; STEFFAN, P. E.; FIEL, C. A. (2005). Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, sobre la coprofauna y la degradación de la materia fecal en pasturas (Tandil, Argentina). *RIA* 34: 83-103.
- ILIĆ T, BECSKEI Z, TASIĆ A, DIMITRIJEVIĆ S. (2013). Follow-up study of prevalence and control of ascariasis in swine populations in Serbia. *Acta Parasitol.* 58: 278-283.
- IRVING F, KERRY BR. (1986). Variation between strains of the nematophagous fungus, *Verticillium chlamydosporium* Goddard. II. Factors affecting parasitism of cyst nematode eggs. *Nematologica* 32: 474-485.
- JANSSON, HB., NORDBRING-HERTZ, B. (1979). Attraction of nematodes to living mycelium of nematophagous fungi. *J. Gen. Microbiol.* 112: 89-93.
- JANSSON, HB., THIMAN, L. (1992). A preliminary study of chemotaxis of zoospores of the nematode-parasitic fungus *Catenaria anguillulae*. IWF Wissen und Medien, Göttingen, Germany. Film No. C. 1868.
- JATALA P. (1986). Biological control of plant-parasitic nematodes. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24: 453-489.
- KEISER, J., ENGELS, D., BÜSCHER, G., UTZINGER J. (2005). Triclabendazole for the treatment of fascioliasis and paragonimiasis. *Expert Opin. Investig. Drugs*, 14: 1513-1526.
- KERRY BR. (1987). Biological control. In: Principles and practice of nematode control in crops. Academia Press Australia, Chapter 7, pp. 233-263.
- KHAN MR, FISCHER S, EGAN D & DOOHAN FM. (2006) Biological control of *Fusarium* seedling blight disease of wheat and barley. *Phytopathology* 96: 386-394.
- KHAN MR, ZAIDI B, HAQUE Z. (2012). Nematicides control rice root-knot, caused by *Meloidogyne graminicola*. *Phytopathol Mediterr.* 51: 298-306.
- KRAMER DE MELLO IN, BRAGA, F R., AVELAR MONTEIRO T S., FREITAS L G., ARAUJO J M, FREITAS SOARES F.E., ARAÚJO JV. (2014). Biological control of infective larvae of *Ancylostoma* spp. in beach sand. *Rev Iberoam Micol.* 31: 114-118.

- KUBICEK CP, KOMON-ZELAZOWSKA M, DRUZHININA IS. (2008). Fungal genus *Hypocrea/Trichoderma*: from barcodes to biodiversity. J Zhejiang Univ Sci B. 9: 753-763.
- KUZMINA, T.A.; KUZMIN, Y.I.; KHARCHENKO, V.A. (2006). Field study on the survival, migration and overwintering of infective larvae of horse strongyles on pasture in central Ukraine. Vet Parasitol., 141: 264-272.
- LARSEN M., NANSEN, P. WOLSTRUP, J. GRØNVOLD, J. HENRIKSEN, S.A., ZORNA A. (1995). Biological control of trichostrongyles in calves by the fungus *Duddingtonia flagrans* fed to animals under natural grazing conditions. Vet. Parasitol., 60: 321-330
- LARSEN, M. N., ROEPSTORFF, A. (1999). Seasonal variation in development and survival of *Ascaris suum* and *Trichuris suis* eggs on pastures. Parasitology 119: 209-220.
- LAZAR SP, LUKASZEWICZ JM, PERSAD KA, REINHARDT JF. (2014). Rhinocerebral *Mucor circinelloides* infection in immunocompromised patient following yogurt ingestion. Del Med J. 86: 245-248.
- LINDGREN K., LINDAHL, C., HÖGLUND, J., ROEPSTORFF, AK. (2008). Occurrence of intestinal helminths in two organic pig production systems. I: Proceedings of the 16th IFOAM Organiuc World Congress. S 1-4.
- LLORENTE ALONSO, M. (1999). Epidemiología de la gastroenteritis parasitaria ovina en sistemas extensivos del valle medio del Ebro: efecto del parto en la dinámica de la infección. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- LLOYD S. (2009). Effects of previous control programmes on the proportion of horses shedding small numbers of strongyle-type eggs. The Veterinary record 164: 108-111.
- LÓPEZ-LLORCA LV, ROBERTSON W. (1992). Immunocytochemical localization of a 32 kDa protease from the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium* in infected nematode eggs. Exp Mycol. 16: 261-267.
- LOPEZ-LLORCA, L.V., OLIVARES-BERNABEU, C., SALINAS, J., JANSSON, H-B., KOLATTUKUDY, P.E. (2002). Pre-penetration events in fungal parasitism of nematode eggs. Mycol. Res. 106: 499-506.
- LÓPEZ-LLORCA, L.V.; CLAUGHER, D. (1990). Appressoria of the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium*. Micron Microsc Acta 21: 125-130.
- LYONS, E. T., TOLLIVER, S. C., IONITA, M., LEWELLEN, A., COLLINS, S. S. (2008). Field studies indicating reduced activity of ivermectin on small strongyles in horses on a farm in central Kentucky. Parasitology Research 103:209-215.

- LÝSEK H, KRAJČÍ D. (1987). Penetration of oivicial fungus *Verticillium chlamydosporium* through the *Ascaris lumbricoides* egg-shells. *Folia Parasitol.* 34, 57-60.
- LÝSEK H, ŠTĚRBA J. (1991). Colonization of *Ascaris lumbricoides* eggs by the fungus *Verticillium chlamydosporium* Goddard. *Folia Parasitol.* 38: 255-259.
- MACIEL AS, ARAÚJO JV, CAMPOS AK, LOPES E, FREITAS LG (2009) Predation of *Ancylostoma* spp. dog infective larvae by nematophagous fungi in different conidial concentrations. *Vet Parasitol* 161: 239-247.
- MACIEL AS, ARAÚJO JV, CECON PR. (2006) Atividade predatória *in vitro* dos fungos *Arthrobotrys robusta*, *Duddingtonia flagrans* e *Monacrosporium thaumasium* sobre larvas infectantes de *Ancylostoma* spp. de cães. *Rev Bras Parasitol Vet* 15: 71-75.
- MACIEL AS, FREITAS LG, CAMPOS AK, LOPES E, ARAÚJO JV. (2010) The biological control of *Ancylostoma* spp. dog infective larvae by *Duddingtonia flagrans* in a soil microcosm. *Vet Parasitol* 173: 262-270.
- MACIEL AS, FREITAS LG, FIGUEIREDO LD, CAMPOS AK, MELLO IN. (2012). Antagonistic activity of the fungus *Pochonia chlamydosporia* on mature and immature *Toxocara canis* eggs. *Parasitology* 139: 1074-1085.
- MACPHERSON CN. (2013). The epidemiology and public health importance of toxocarasis: a zoonosis of global importance. *Int J Parasitol.* 43: 999-1008.
- MADEIRA DE CARVALHO, L.M.; ARIAS, M.; BERNARDO, F.M.A.; SERRA, P.; FARRIM, C.; PAZ-SILVA, A. (2012). Addition of *Duddingtonia flagrans* chlamydo-spores to the concentrate feed can improve the successful of control measures against strongyle infection in horses. *Forages and grazing in horse nutrition.* 132: 433-436.
- MARTÍNEZ-VALLADARES, M. FAMULARO MR, FERNÁNDEZ-PATO N., CASTAÑÓN-ORDÓÑEZ, L. CORDERO-PÉREZ, C., ROJO-VÁZQUEZ. F.A. (2010). Efficacy of nitroxynil against *Fasciola hepatica* resistant to triclabendazole in a naturally infected sheep flock. *Parasitol. Res.*, 107: 1205-1211.
- MAZURKIEWICZ-ZAPAŁOWICZ K, JABOROWSKA-JARMOLUK M, KOŁODZIEJCZYK L, KUŻNA-GRYGIEL W. (2014). Comparison of the effect of the chosen species of saprotrophic fungi on the development of *Toxocara canis* and *Ascaris suum* eggs. *Ann Parasitol.* 58: 215-220.

- MEANA, MJ, CUBERO, J.L., SÁEZ, P. (1998). Geopónica o extractos de agricultura de Casiano Baso. Traducción y comentarios. Madrid. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- MEANA-MAÑES, A., ROJO-VÁZQUEZ, F.A. (2000). Tricostromilidosis y otras nematodosis. En: Parasitología Veterinaria. Cordero del Campillo, M y Rojo-Vázquez, F.A. (Coord.). McGraw-Hill- Interamericana de España, S.A.U., España, 237-253 pp.
- MENDOZA DE GIVES P, ZAPATA NIETO C, LIÉBANO HERNÁNDEZ E, LÓPEZ ARELLANO ME, HERRERA RODRÍGUEZ D, GONZÁLEZ-GARDUÑO R. (2006) Biological Control of Gastro-intestinal Parasitic Nematodes Using *Duddingtonia flagrans* in sheep under natural conditions in Mexico. Ann NY Acad Sci. 1081: 355-359.
- MENDOZA DE GIVES, P., GARDUÑO, R. G., HERNÁNDEZ, G. T., PÉREZ, C. B., JIMÉNEZ, E. O., MENDO, O. H. (2005). Estudio *in vitro* de la capacidad depredadora de *Duddingtonia flagrans* contra larvas de nematodos gastrointestinales de ovinos de pelo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- MEYER, WJ., WIEBE, MG. (2003). Enzyme production by the nematode-trapping fungus, *Duddingtonia flagrans*. Biotechnology Letters, 25: 791-795.
- MOLENTO, M.B.; ANTUNES, J.; BENTES, R.N.; COLES, G.C. (2008). Anthelmintic resistant nematodes in Brazilian horses. Vet Rec., 162: 384-385.
- MONTALVO-AGUILAR X, LÓPEZ-ARELLANO ME, VÁZQUEZ-PRATS V, LIÉBANO-HERNÁNDEZ E, MENDOZA DE GIVES P. (2006). Resistencia antihelmíntica de nematodos gastroentéricos en ovinos a febendazol e ivermectina en la región noroeste del estado de Tlaxcala. Técnica Pecuaria en México. 44: 81-90.
- MUELLER-HARVEY I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86: 2010-2037.
- MUKHTAR T, KAYANI MZ, HUSSAIN MA (2013a). Nematicidal activities of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb. against *Meloidogyne incognita*. Ind Crop Prod. 42: 447-453.
- MUKHTAR T, KAYANI MZ, HUSSAIN MA. (2013b). Response of selected cucumber cultivars to *Meloidogyne incognita*. Crop Prot. 44: 13-17.
- Nansen P, Roepstorff A. (1999). Parasitic helminths of the pig: factors influencing transmission and infection levels. Int J Parasitol. 29: 877-891.
- NIELSEN, M.K.; KAPLAN, R.M.; THAMSBORG, S.M.; MONRAD, J.; OLSEN, S.N. (2007). Climatic influences on development and survival of free-living stages of equine strongyles:

- implications for worm control strategies and managing anthelmintic resistance. *Vet J.*, 174: 23-32.
- NIELSEN, MK. (2009). Restrictions of anthelmintic usage: perspectives and potential consequences. *Parasites and Vectors*, 2: S7.
- NIEMEYER, H. 1996. Living the life of a nematode. *Pigs. Special Parasites*, 8-9.
- OJEDA-ROBERTOS NF, MENDOZA-DE GIVES P, TORRES-ACOSTA JF, RODRÍGUEZ-VIVAS RI, AGUILAR-CABALLERO AJ. (2005). Evaluating the effectiveness of a Mexican strain of *Duddingtonia flagrans* as a biological control agent against gastrointestinal nematodes in goat faeces. *J Helminthol.* 79: 151-157.
- OKSANEN, H.E., NIKANDER, S. (1981). The epidemiology of ostertagiosis in cattle in Finland. *Journal of Scientific Agricultural Society of Finland*, 52: 113-125.
- OLIVARES-BERNABÉU, CM, LÓPEZ-LLORCA LV. (2002). Fungal egg-parasites of plant-parasitic nematodes from Spanish soils. *Rev Iberoam Micol.* 19: 104-110.
- OORSCHOT, C. A. N. VAN (1985). Taxonomy of the *Dactylaria* complex V. A review of the *Arthrotrrys* and allied genera. In: Hoog, G.S. de (Ed.) *Taxonomy in the Dactylaria complex*, IV-VI. *Stud. Mycol.* 26: 61-96.
- PALOMERO SALINERO, A. M. (2015). Trabajo de Fin de Grado, Facultad de Veterinaria de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela.
- PAZ-SILVA A, FRANCISCO I, VALERO-COSS RO, CORTIÑAS FJ, SÁNCHEZ JA, FRANCISCO R, ARIAS M, SUÁREZ JL, LÓPEZ-ARELLANO ME, SÁNCHEZ-ANDRADE R, DE GIVES PM. (2011). Ability of the fungus *Duddingtonia flagrans* to adapt to the cyathostomin egg-output by spreading chlamydospores. *Vet Parasitol.* 179: 277-282.
- PÉREZ ANZÚREZ, G. (2015). Prevención de infección por nematodos gastrointestinales en caballos en pastoreo mediante el uso de hongos parasiticidas. Tesis profesional para la obtención del título de ingeniero agrónomo especialista en zootecnia.
- RAHOO AM, MUKHTAR T, GOWEN SR, PEMBROKE B. (2011). Virulence of entomopathogenic bacteria *Xenorhabdus bovienii* and *Photorhabdus luminescens* against *Galleria mellonella* larvae. *Pak J Zool.* 43: 543-548.
- REINEMEYER, C.R.; NIELSEN, M.K. (2009). Parasitism and colic. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 25: 233-245.

- REINEMEYER, C.R.; SMITH, L.L.; YOON, S.; MARLEY, E. (2003). Field efficacy of ivermectin plus praziquantel oral paste against naturally acquired gastrointestinal nematodes and cestodes of horses in North America and Europe. *Vet Ther.*, 4: 220-227.
- ROCHFORT S, PARKER A FRANK J, DUNSHEA R. (2008). Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*, 69: 299-322.
- RODERICK, S., SHORT, N., HOVI, M. (1996). Organic livestock production-animal health and welfare research priorities. Technical Report, VEERU, University of Reading, Reading, UK.
- RODRÍGUEZ, M.I., CAZAPAL-MONTEIRO, C., OLIVER, A., MIGUÉLEZ S., ARROYO, F.L., HERNÁNDEZ, J.A., SUÁREZ, J., PAZ A., SUÁREZ, J.L., SÁNCHEZ-ANDRADE, R., ARIAS, M.S. (2015). Problemática del diagnóstico de parascariosis en potros. *Equinus*, 42: 40-54.
- ROEPSTORFF A, NILSSON O, O'CALLAGHAN CJ, OKSANEN A, GJERDE B, RICHTER SH, ORTENBERG EO, CHRISTENSSON D, NANSEN P, ERIKSEN L, MEDLEY GF. (1999). Intestinal parasites in swine in the Nordic countries: multilevel modelling of *Ascaris suum* infections in relation to production factors. *Parasitology* 119: 521-534.
- ROEPSTORFF, A. (2003). *Ascaris suum* in pigs: population biology and epidemiology. Doctorate thesis, the Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.
- ROEPSTORFF, A., JORSAL S. E. (1989). Prevalence of helminth infections in swine in Denmark. *Vet. Parasitology* 33: 231-239.
- ROEPSTORFF, A., MEJER H, NEJSUM P, THAMSBORG SM. (2011). Helminth parasites in pigs: new challenges in pig production and current research highlights. *Vet Parasitol.* 180: 72-81.
- ROEPSTORFF, A., O. NILSON, A. OKSANEN, B. GJERDE, S. H. RITCHER, E. ORTENBERG, D. CHRISTENSSON, K. B. MARTINSSON, P. C. BARTLEH, R. NANSEN, L. ERIKSEN, O. HELLE, S. NIKANDER, LARSEN K. (1998). Intestinal parasites in swine in the Nordic countries: prevalence and geographical distribution. *Vet. Parasitology* 76: 305-319.
- ROGERS WP. (1958). Physiology of the batching of eggs of *Ascaris lumbricoides*. *Nature.* 181: 1410-1411.
- ROJO-VÁZQUEZ FA, MEANA A, VALCÁRCEL F, MARTÍNEZ-VALLADARES M. (2012). Update on trematode infections in sheep. *Vet Parasitol.* 189: 15-38.

- RONDELAUD, D., SANABRIA, R., VIGNOLES, P., DREYFUSS, G., ROMERO J. (2013). *Fasciola hepatica*: variations in redial development and cercarial production in relation to the geographic origin of the parasite. *Parasite* 20: 33.
- ROSE JH, SMALL AJ. (1984). Observations on the bionomics of the free-living stages of *Trichostrongylus vitrinus*. *J Helminthol.* 58: 49-58.
- ROSE JH, SMALL AJ. (1985). The distribution of infective larvae of sheep gastrointestinal nematodes in soil and on herbage and the vertical migration of *Trichostrongylus vitrinus* larvae through the soil. *J Helminthol.* 59: 127-132.
- ROSPAL AC, BOWMAN DD, HOLLIMAN D, FLICK GJ, LINDSAY DS. (2007). Effects of high hydrostatic pressure on embryonation of *Ascaris suum* eggs. *Vet Parasitol* 145: 86-89.
- SAGÜÉS MF, FUSÉ LA, FERNÁNDEZ AS, IGLESIAS LE, MORENO FC, SAUMELL CA. (2011). Efficacy of an energy block containing *Duddingtonia flagrans* in the control of gastrointestinal nematodes of sheep. *Parasitol Res.* 109: 707-713.
- SAGÜÉS MF, PURSLOW P, FERNÁNDEZ AS, IGLESIAS LE, FUSÉ LA, SAUMELL CA. (2014). The use of soy protein polymers as a release device for nematophagous fungi in the control of parasitic nematodes in ruminants. *J Helminthol.* 88: 511-514.
- SAGÜÉS MF, PURSLOW P, FERNÁNDEZ AS, IGLESIAS LE, FUSÉ LA, SAUMELL CA. (2014). The use of soy protein polymers as a release device for nematophagous fungi in the control of parasitic nematodes in ruminants. *J Helminthol.* 88: 511-514.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, J.A. (2012). Nuevas perspectivas para el control del parasitismo intestinal de caballos en silvopastoreo. Tesis Doctoral, Universidade de Santiago de Compostela.
- SARGISON, N.D. (2011). Pharmaceutical control of endoparasitic helminth infections in sheep. *Vet. Clin. Food Anim.* 27: 139-156.
- SCHOLLER, M., HAGEDORN G. RUBNER A. (1999). A re-evaluation of predatory orbiliaceous fungi. II. A new generic concept. *Sydowia* 51: 89-113.
- SEGRS R, BUTT TM, CARDER JH. KEEN JN, KERRY BR, PEBERDY JF. (1998). The subtilisins of fungal pathogens of insects, nematodes and plants: distribution and variation. *Mycol Res.* 103: 395-402.
- SEGRS R, BUTT TM, KERRY BR, BECKETT A, PEBERDY JF. (1996). The role of the proteinase VCP1 produced by the nematophagous *Verticillium chlamydosporium* in the infection process of nematode eggs. *Mycol Res.* 100: 421-428.

- SILVA AR, ARAÚJO JV, BRAGA FR, ALVES CDF, FRASSY LN (2010). *In vitro* ovicidal activity of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium* and *Pochonia chlamydosporia* on *Trichuris vulpis* eggs. *Vet Parasitol* 172: 76-79.
- SILVA AV, COSTA HM, SANTOS HA, CARVALHO RO. (1999). Cyathostominae (Nematoda) parasites of *Equus caballus* in some Brazilian states. *Vet Parasitol.* 86: 15-21.
- SILVA ME, ARAÚJO JV, BRAGA FR, FREITAS SOARES FE, RODRIGUES DS. (2013). Control of infective larvae of gastrointestinal nematodes in heifers using different isolates of nematophagous fungi. *Rev Bras Parasitol Vet.* 22: 78-83.
- SLOCOMBE JOD, COTÉ JF, DE GANNES RVG. (2008). The persistence of benzimidazole-resistant cyathostomes on horse farms in Ontario over 10 years and the effectiveness of ivermectin and moxidectin against these resistant strains. *The Canadian Veterinary Journal.* 49: 56-60.
- SOULSBY EJJ. (1987). *Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos*. Ed. Interamericana. México D.C., México.
- SOULSBY EJJ. (2007). New concepts in strongyle control and anthelmintic resistance: the role of refugia. *Vet. J.*, 174: 6-7.
- STEWART, T. B., HALE O. M.. 1988. Losses to internal parasites in swine production. *J. Anim. Sci* 66: 1548-1554.
- STIRLING GR, MCKENRY M, MANKAU R. (1979). Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on peach. *Phytopathology* 69: 806-809.
- SZMIDT-ADJIDÉ, V., ABROUS, M., ADJIDÉ, C.C., DREYFUSS, G., LECOMPTE, A., CABARET, J., RONDELAUD, D. (2000). Prevalence of *Paramphistomum daubneyi* infection in cattle in central France. *Vet. Parasitol.* 87: 133-138.
- TAVELA AO, ARAÚJO JV, BRAGA FR, ARAUJO JM, QUEIROZ LM, SILVEIRA WF, BORGES LA. (2012) *In vitro* association of nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans* (AC001), *Monacrosporium thaumasium* (NF34) and *Pochonia chlamydosporia* (VC1) to control horse cyathostomin (Nematoda: Strongylidae). *Biochem Sci Technol* 22: 607-610.
- TRAVERSA, D.; KLEI, T.R.; IORIO, R.; PAOLETTI, B.; LIA, R.P.; OTRANTO, D.; SPARAGANO, O.A.; GIANGASPERO, A. (2007). Occurrence of anthelmintic resistant equine cyathostome populations in central and southern Italy. *Prev Vet Med.*, 82: 314-320.

- TUNLID A, JANSSON S. (1991). Proteases and Their Involvement in the Infection and Immobilization of Nematodes by the Nematophagous Fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Appl Environ Microbiol.* 57: 2868-2672.
- UHLINGER, C. (1991). Clinical and epidemiologic features of an epizootic of equine leukoencephalomalacia. *J Am Vet Med Assoc.*, 198: 126-128.
- URIARTE, J. (1990). Epidemiología de las trichostrongilidosis de los ruminantes en praderas de regadío en el valle medio del Ebro. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.
- URQUHART GM, ARMOUR J, DUNCAN JL, JENNINGS FW, DUNN AM. (1996). *Veterinary Parasitology, Parasitología veterinaria.* 2nd ed. Oxford: Blackwell Science.
- VAN DEN BROM R, MOLL L, KAPPERT C, VELLEMA P. (2015). *Haemonchus contortus* resistance to monepantel in sheep. *Vet Parasitol.* 209: 278-280.
- VON SAMSON-HIMMELSTJERNA G., FRITZEN B., DEMELER J., SCHÜRMAN S., ROHN K., SCHNIEDER T., EPE C. (2007). Cases of reduced cyathostomin egg-reappearance period and failure of *Parascaris equorum* egg count reduction following ivermectin treatment as well as survey on pyrantel efficacy on German horse farms. *Vet. Parasitol.* 144: 74-80.
- WAGHORN, G. C. (2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production - progress and challenges. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 147: 116-139.
- WALLER PJ, THAMSBORG SM. (2004). Nematode control in 'green' ruminant production systems. *Trends Parasitol.* 20: 493-497.
- WALLER, P.J. (1997). Anthelmintic resistance. *Vet. Parasitol.* 72: 391-412.
- WALLER, P.J. (2006). From discovery to development: current industry perspectives for the development of novel methods of helminth control in livestock. *Vet. Parasitol.* 139: 1-14.
- WANG C1, LIU Q, ZHANG YL, PEI CX, ZHANG SL, WANG YX, YANG WZ, BAI YS, SHI ZG, LIU XN. (2015). Effects of isobutyrate supplementation on ruminal microflora, rumen enzyme activities and methane emissions in Simmental steers. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 99: 123-131.
- WRIGHT, D.A. MCANULTY, R.W., NOONAN, M.J., STANKIEWICZ, M. (2003). The effect of *Duddingtonia flagrans* on trichostrongyle infections of Saanen goats on pasture. *Vet. Parasitol.*, 118, 61-69.
- YANG J, TIAN B, LIANG L, ZHANG KQ. (2007). Extracellular enzymes and the pathogenesis of nematophagous fungi. *Appl Microbiol Biotechnol* 75: 21-31.

YOUNIE, D. (2000). Integration of livestock into organic farming systems. In: Proc. 2nd NAHWOA workshop, Hovi, M & R. García Trujillo (editors), Cordoba, Spain, 8-11 January 2000, 13-21.

