

Control biológico de parásitos en la ganadería. Hongos del suelo

Biological control of parasites in livestock. Soil fungi

Hernández Malagón,
José Angel¹

Arroyo Balán, Fabián
Leonardo¹

Bonilla Quintero,
Rodrigo²

Sanchez-Andrade
Fernandez, Rita³

Arias Vázquez, Maria
Sol⁴

Rev. Zootecnia 2015. 2(1):3-11

Resumen

Los problemas de salud ocasionados por las parasitosis en el ganado merman la producción y aumentan sus costos. Algunas de estas parasitosis suponen un riesgo importante para la salud de la personas (zoonosis). La presencia en el suelo de formas parasitarias infectivas conduce a la reinfección de los animales desparasitados, e incrementa la necesidad de nuevos tratamientos cada vez más frecuentes. Se aconseja reducir el empleo excesivo de fármacos mediante el manejo de los animales, o la incorporación de algunas especies vegetales a la ración alimentaria. En este artículo se describen algunos estudios novedosos realizados por el grupo de investigación: "control de parásitos en animales y personas: diagnóstico, prevención y tratamiento (COPAR)", sobre el uso de ciertos hongos para evitar las infecciones parasitarias en animales en pastoreo.

Palabras Claves: parásitos, ganadería, control biológico, hongos, prevención sostenible.

Abstract

Parasites affecting livestock are responsible for health disorders which reduce productivity and increase total costs. Some of these parasitic infections can also affect humans (zoonoses). The animals receiving pharmacological parasiticide treatment become infected again due to the presence of many infective stages in the soil, and as a result, the deworming frequency is increased. Reduction in the misuse of parasiticide drugs, by managing the animals or providing them with some plant species, has been advised in the diet. In this article some new studies conducted by the research group: "control of parasites affecting animals and humans: detection, prevention and treatment (COPAR)", regarding the use of certain fungi to prevent parasitic infections among grazing animals are described.

Keywords: parasites, livestock, biological control, fungi, sustainable prevention.

Introducción

Las infecciones parasitarias provocan numerosos trastornos en la salud de los animales de renta, que se traducen en pérdidas por disminución de productividad, gastos veterinarios, infecciones secundarias. Algunas parasitosis tienen carácter zoonótico porque se comparten con personas.

Los animales pueden sufrir infecciones por protozoos, trematodos, cestodos, nematodos o ectoparásitos. El mayor riesgo de padecer unas u otras varía, en gran medida, en función del sistema de mantenimiento, siendo más frecuentes las parasitaciones por protozoos en condiciones de estabulación, y por helmintos cuando los animales se encuentran bajo régimen extensivo o semi-extensivo. En la última década, debido en parte al encarecimiento de los concentrados, muchas ganaderías han optado por estos tipos de explotación (Arias *et al.*, 2012a).

Bajo condiciones de estabulación prolongada o régimen intensivo, se favorece la infección por protozoos digestivos (*Cryptosporidium*, *Eimeria*, *Isospora*, *Balantidium*) porque estos parásitos tienen ciclos biológicos directos, y su transmisión aumenta por el contacto estrecho entre los animales (Meganck *et al.*, 2015).

En pastoreo, los animales tienen más posibilidades de infectarse por trematodos, cestodos y nematodos, porque al alimentarse ingieren con la hierba estadios de estos parásitos. Los nematodos estrangilados se localizan en el intestino de los hospedadores y eliminan huevos que salen al exterior con las heces de los animales parasitados; en el medio se forma la larva 1 (L1) que rompe el huevo y se desarrolla hasta el estadio de L3, que abandona las heces y se desplaza hasta la hierba en espera de ser ingerida (Fig. 1). En el caso de cestodos,

¹ DVM. Estudiante de Doctorado. Departamento de Patología Animal. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Veterinaria - Avda. Carballo Calero s/n. 27002 Lugo - España. Correo electrónico: joseangelher@gmail.com

² DVM. Docente. Parasitología Veterinaria. Laboratorios CARVAL (Colombia) - Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Facultad de Ciencias Pecuarias. Calle 222 N° 55-37. Bogotá D.C. - Colombia. Correo electrónico: rodrigo.bonilla@carval.com.co

³ PhD. Profesora titular. Departamento de Patología Animal. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Veterinaria - Avda. Carballo Calero s/n. 27002 Lugo - España. Correo electrónico: rita.sanchez-andrade@usc.es

⁴ PhD. Profesora investigadora. Departamento de Patología Animal. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Veterinaria - Avda. Carballo Calero s/n. 27002 Lugo - España. Correo electrónico: mariasol.arias@usc.es



Figura 1: Huevos de nematodos strongilados (derecha) y larvas 3 (L3) (izquierda).

trematodos, nematodos ascáridos y tricúridos, no existen formas larvianas libres en el suelo, y la infección se produce por ingestión de formas de resistencia que también están en el pasto (metacercarias en los trematodos), de hospedadores intermediarios (ácaros en los cestodos) o de huevos que contienen la larva en su interior (nematodos ascáridos, tricúridos) (Fig. 2).

El control parasitario en el ganado se basa habitualmente en el empleo rutinario de fármacos, que muchas veces no están apoyados por las correspondientes pruebas de laboratorio, imprescindibles para señalar su necesidad y para evaluar su eficacia. El creciente aumento de resistencias frente a los antiparasitarios, y que éstos sólo actúan sobre los parásitos que se encuentran en el interior del animal, sin ofrecerle protección frente a nuevas reinfecciones al ingerir fases parasitarias infectivas que permanecen en el pasto, han promovido la búsqueda de alternativas para el control parasitario en las explotaciones.



Figura 2. Huevo de nematodo ascárido con L2 en el interior.

Medidas complementarias al empleo de antiparasitarios convencionales

Entre las medidas más conocidas para reducir la contaminación parasitaria de los prados se indica *la retirada del estiércol del suelo*, lo que resulta poco viable ya que en extensiones grandes no es posible hacerlo con la frecuencia necesaria; otras como el vallado de zonas encharcadas entrañan costes difíciles de asumir, sobre todo en tiempos de crisis. Otras soluciones propuestas como la rotación de pastos, dejando trascorrir el tiempo suficiente para que actúen los factores medioambientales (humedad, sol...), buscan inactivar las formas parasitarias (huevos y larvas) antes de que el ganado vuelva a entrar en las parcelas; mientras que la roturación y arado de los pastos, tienen como objeto destruir los hábitats de los parásitos y reducir su viabilidad hasta la eliminación.

La *alternancia de especies animales* se basa en que los animales denominados de renta sólo comparten un número reducido de especies parasitarias (*Trichostrongylus axei*, *Fasciola hepatica*, *Trichuris* spp.), por lo que se proponen diferentes combinaciones para que se sucedan en el aprovechamiento del pasto, evitando que se cierren los ciclos biológicos de los parásitos específicos. Esta medida podría reducir a la mitad los tratamientos antihelmínticos (Mederos y Banchemo, 2013):

- Ovino – vacuno – ovino
- Ovino – vacuno – caprino – vacuno
- Ovino – equino – vacuno – equino
- Ovino – equino – vacuno – equino – caprino

La *fitoterapia* es una de las alternativas más interesantes, se basa en usar ciertas plantas o sus extractos, por ejemplo, el **ajo** (*Allium sativum*), la **artemisa** (*Artemisa vulgaris*) o el **enebro común** (*Juniperus communis*) para estimular el sistema inmune o el tracto digestivo del hospedador, y con ello favorecer la expulsión de los vermes intestinales. Algunos investigadores apuestan por incluir en el forraje, plantas con alto contenido en taninos condensados como el **loto** (*Lotus corniculatus*), **sulla** (*Hedysarum coronarium*) o **achicoria** (*Chicorium intybus*), que favorecen el peristaltismo intestinal y como consecuencia la eliminación de los parásitos. Estos compuestos también tienen efecto anti-timpánico, y forman complejos con las proteínas de la dieta lo que evita su degradación en el rumen aumentando la cantidad de aminoácidos que son absorbidos al llegar al abomaso.

En algunos países sudamericanos se han llevado a cabo experiencias con **quebracho** (*Schinopsis balansae*), **zarzo dorado** (*Acacia pycnantha*) y **guaje** (*Leucaena leucocephala*), que consistieron en sembrar estas leguminosas para que los animales las consumieran de forma voluntaria junto con el pasto. Aunque se trata de experiencias preliminares, se ha comprobado que los animales con esta alimentación no presentaron mermas en la condición corporal en relación a los que recibían concentrado alimentario (pienso), y que eliminaban menos huevos de nematodos en las heces (Scribano, 2012; Bustamante, 2013).

A pesar de los posibles beneficios, la ingestión en exceso de leguminosas con alto contenido en taninos puede provocar reducción de la digestibilidad de la ración, descenso de las proteínas en el rumen, e incluso intoxicaciones, por lo que hacen falta más trabajos de investigación antes de aconsejar su empleo generalizado, entre otros para conocer la dosis adecuada que debería recibir cada animal. Además, habría que calcular el incremento que supondría en el coste de la ración alimentaria y desde un punto de vista práctico, al tratarse de variedades autóctonas, su cultivo puede resultar imposible en algunas áreas geográficas.

Revisión y estado actual del control parasitario en animales de renta

Formas parasitarias en el suelo

La presencia en el suelo de numerosas formas parasitarias favorece la reinfección de los animales en pastoreo, por lo que el control basado únicamente en la aplicación de tratamientos farmacológicos sobre los animales acaba convirtiéndose en una solución temporal. Por este motivo, se tiende a incrementar la frecuencia de desparasitación, solución que además de incrementar el coste de producción, no resuelve la situación ya que provoca

la aparición de cepas de parásitos resistentes a los tratamientos.

En la actualidad se buscan medidas ecológicas selectivas, utilizando microorganismos o sus metabolitos (bacterias y hongos), presentes de forma natural en el suelo, que destruyan las formas parasitarias de los pastos sin afectar a los microorganismos que intervienen en su fertilización.

Se entiende por *control biológico* "el uso de organismos vivos para suprimir la densidad de población o el impacto de un organismo o plaga específica, con objeto de reducir su presencia o su patogenicidad" (Eilenberg *et al.*, 2001). En el caso que nos interesa ofrece una interesante alternativa, promoviendo la búsqueda del **equilibrio ecológico**, y lejos de eliminar todas las fases parasitarias, este novedoso sistema busca una reducción significativa de las cargas parasitarias, de manera que no resulten perjudiciales para los animales, pero mantengan el estímulo de su sistema inmunitario.

Hongos en el control biológico de enfermedades parasitarias

En el suelo, además de formas parasitarias, existen otros organismos antagonistas de los parásitos, como virus, bacterias, hongos... que en condiciones naturales regulan su presencia (Arias *et al.*, 2012b). Resulta interesante destacar que su coexistencia regula la cantidad de huevos/quistes de parásitos, así como de las larvas. En los últimos años se han desarrollado trabajos de investigación para comprobar la actividad larvicida y ovicida de ciertos hongos. Especies como *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium* o *Arthrobotrys flagrans* son capaces de desarrollar, en su micelio, anillos en los que quedan atrapadas las larvas de nematodos strongilados y enzimas extracelulares que las destruyen (Fig. 3).

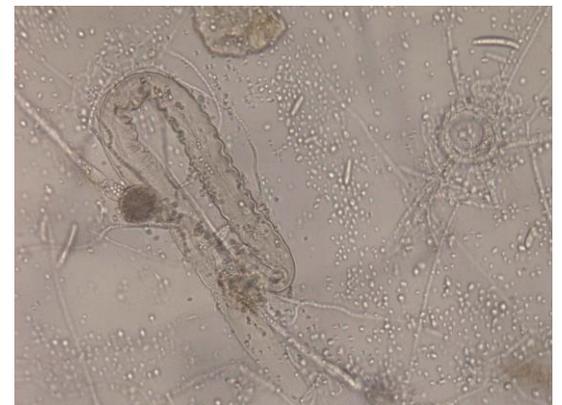


Figura 3. Larva de ciatostomino (strongilado) atrapada en anillos del micelio de *Duddingtonia flagrans*.

Otras especies de hongos como *Pochonia chlamydosporia*, *Paecilomyces lilacinus*, *Mucor circinelloides*, *Trichoderma* spp. o *Verticillium* spp. se adhieren a los huevos, atraviesan la cubierta y destruyen su interior (Fig.



Figura 4. Huevo de *Calicophoron daubneyi* sin alteraciones (izquierda) y dañado por la acción de *Mucor circinelloides* (derecha).

4), ayudados por la liberación de enzimas extracelulares (López-Llorca *et al.*, 2010).

A la hora de tener en cuenta la posible utilidad de estos hongos para el control parasitario, se plantean tres cuestiones fundamentales. I) Que actúen frente a un porcentaje importante de parásitos. Ensayos con *Duddingtonia* han mostrado que eliminan el 80% de las larvas 3 (L3) de estroñilados de vacunos, y el 91-95% de los ciatostomínos de equinos (Faedo *et al.*, 2002; Paz-Silva *et al.*, 2011). Mediante el empleo de *Pochonia* y *Mucor* se ha comprobado una reducción del 51% en la viabilidad de huevos de *Toxocara canis* (Maciel *et al.*, 2012; Arias *et al.*, 2013a), y del 53-69% sobre los de *Baylisascaris procyonis* (nematodo de mapaches) (Cazapal-Monteiro *et al.*, 2015). En la tabla 1 se recogen algunos ensayos de la eficacia de diferentes hongos sobre parásitos de distintas especies animales.

II) Inocuidad sobre otros organismos del medio, esencial para mantener el equilibrio en el medio.

III) Digestibilidad de los hongos y capacidad de sobrevivir al tránsito por el tracto digestivo de los animales y mantener su actividad parasitocida. Los resultados de diferentes ensayos han demostrado que las esporas de *Duddingtonia* y de *Pochonia* sobrevivían al paso por el tracto digestivo de ovejas, cabras, caballos, terneros, cerdos e incluso perros (Sanyal *et al.*, 2008; Ojeda-Robertos *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2009; Braga *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2011a; Assis *et al.*, 2013).

Puntos clave en el empleo de hongos como agentes de control biológico

A pesar de que se ha demostrado fehacientemente la utilidad de diferentes especies de hongos por su actividad parasitocida, existen algunas reticencias que limitan su aplicación, en parte porque es necesario derribar las barreras culturales acerca de su empleo, dado que su impacto sobre el medio es mínimo (Braga & De Araújo, 2014).

En sentido práctico, el *primer aspecto* a solucionar es la producción de hongos (micelio/esporas) a gran escala. Si se pretende extender el empleo de hongos, se precisa de un procedimiento que asegure su obtención rápida y en gran cantidad. En general se han estado empleando placas Petri con agar-trigo para conseguir cantidades elevadas de esporas o de micelio, pero el agar no forma parte de la alimentación animal, y además este sistema es costoso. Por ello, se han probado medios de cultivo líquidos (Arias *et al.*, 2013a). Con el medio líquido enriquecido con cereales patentado por el grupo COPAR (ES2486392B2) para cultivar simultáneamente diferentes hongos, se pueden obtener gran cantidad de esporas. Además este medio en solución acuosa entraña grandes ventajas para el control biológico de parásitos ya que el **biocida**, se podría pulverizar en praderas de ciertas dimensiones, jardines o fosas de purín.

Teniendo en cuenta que las formas parasitarias (huevos, quistes, larvas) se eliminan a través de las heces, parece muy acertada la idea de asegurar la presencia de hongos en la materia fecal para que puedan reducir

Tabla 1. Eficacia de diferentes especies de hongos en el control de parásitos de animales de renta.

Autores	Parásito	Especie animal	Hongo	% Eficacia
Faedo <i>et al.</i> (1997)	<i>Cooperia</i> spp.	Ovina	<i>Arthrotrrys</i> sp.	80 – 90
Githigia <i>et al.</i> (1997)	<i>Ostertagia ostertagi</i> <i>Trichostrongylus colubriformis</i>	Ovina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	72 – 99
Baudena <i>et al.</i> (2000)	Estróngilos	Equina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	66 – 99
Sanyal (2000)	<i>Haemonchus contortus</i>	Caprina Ovina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	50 – 77
Santos <i>et al.</i> (2001)	Ciatostominos	Equina	<i>Arthrotrrys oligospora</i> <i>Duddingtonia flagrans</i>	90
Waghorn <i>et al.</i> (2003)	<i>Trichostrongylus colubriformis</i> <i>Ostertagia ostertagi</i>	Ovina Caprina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	78 (40 – 32)
Chandrawathani <i>et al.</i> (2002)	<i>Haemonchus contortus</i>	Ovina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	97 – 100
Chartier y Pors (2003)	<i>Teladorsagia circumcincta</i> <i>Trichostrongylus colubriformis</i>	Caprina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	50 – 90
Dimander <i>et al.</i> (2003)	<i>Ostertagia ostertagi</i> <i>Cooperia oncophora</i>	Bovina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	85
Fontenot <i>et al.</i> (2003)	Nematodos gastrointestinales	Ovina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	79 – 99
Ojeda-Robertos <i>et al.</i> (2005)	Nematodos gastrointestinales	Caprina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	5 – 53
Paraud <i>et al.</i> (2005)	<i>Muellerius capillaris</i>	Caprina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	0
Gómez-Rincón <i>et al.</i> (2006)	<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	Ovina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	20 – 60
Waller <i>et al.</i> (2001)	<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	Ovina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	99
Casillas-Aguilar <i>et al.</i> (2008)	<i>Haemonchus contortus</i>	Ovina	<i>Duddingtonia flagrans</i> (esporas en pellets)	82
Campos <i>et al.</i> (2009)	<i>Haemonchus contortus</i> <i>Strongyloides papillosus</i>	Caprina	<i>Duddingtonia flagrans</i>	81 – 99
Ferreira <i>et al.</i> (2011a)	<i>Oesophagostomum</i> sp.	Porcina	<i>Duddingtonia flagrans</i> (micelio en pellets)	59,6 – 82,7
Ferreira <i>et al.</i> (2011b)	<i>Ascaris suum</i>	(En placa Petri)	<i>Pochonia chlamydosporia</i>	58
Dias <i>et al.</i> (2013)	<i>Fasciola hepatica</i>	Bovina	<i>Pochonia chlamydosporia</i>	67

la viabilidad de las formas patógenas. Para lograr este objetivo, se ha considerado la opción de **administrar esporas por vía oral**, vehiculadas en concentrado alimentario (**pellets**) fabricado de forma artesanal (Casillas-Aguilar *et al.*, 2008). En este sentido, la producción de esporas en medio líquido ofrece la posibilidad de elaborar **premezclas** con la alimentación de los animales, que ha proporcionado excelentes resultados en el control de parásitos de animales en cautividad, como se explicará a continuación (Arias *et al.*, 2013b). Otra expectativa pasaría por la **fabricación de piensos comerciales**.

La inclusión de los hongos en **bloques energéticos o minerales** también podría constituir un buen medio de poner en contacto las formas parásitas (huevos o larvas) con las esporas (Sagüés *et al.*, 2011).

Propuesta del Grupo COPAR para mejorar el control biológico de parásitos

El grupo de investigación COPAR de la Facultad de Veterinaria de Lugo (Universidad de Santiago de Compostela, España) en base al control biológico de parásitos, realiza desde el año 2007 investigaciones con **hongos parasitocidas autóctonos**. Cinco de ellos han mostrado ser muy eficaces (*Duddingtonia flagrans*, *Mucor circinelloides*, *Trichoderma* spp., *Verticillium* spp. y *Paecilomyces* spp.) e inocuos. Todos ellos han sido aislados de pastos y heces de animales de la provincia de Lugo (España).

Es interesante destacar que estos hongos sólo se desarrollan en presencia de parásitos en el suelo y no en el interior del animal; de esta manera, cuando *D. flagrans* detecta las larvas en el pasto, forma una red de trampas con las que las atrapa para posteriormente destruirlas y obtener así los nutrientes que necesita.

Los otros cuatro hongos son *ovicidas*, se adhieren a la cubierta de los huevos de ciertos parásitos, la rompen y destruyen el embrión para nutrirse de él, por lo que se clasificaron como hongos endoparásitos de tipo III (Lýsek & Stěrba, 1991).

En estudios desarrollados en heces de equinos parasitados por nematodos estrongilados se demostró que al añadirles esporas de *D. flagrans* se alcanzaba un porcentaje de reducción de L3 próximo al 90% (Tabla 2). Al medir la actividad de *Mucor* y *Trichoderma* sobre los huevos del trematodo gástrico *Calicophoron daubneyi* en heces de bovinos infectados, también se obtuvieron unos porcentajes de reducción notables (Tabla 3). En estos ensayos, se puso de manifiesto un fenómeno muy curioso e interesante para el empleo de hongos como agentes de control biológico: todos mostraban una actividad *dénsito-dependiente*, que significa que desarrollan la capacidad de adaptarse a la carga parasitaria en las heces (mayor presencia de huevos/larvas significa un mayor estímulo para el desarrollo de los hongos).

Tabla 2. Porcentaje de reducción de larvas 3 (L3, estadio infectivo) de nematodos estrongilados en heces de

caballos mediante la adición de esporas del hongo Duddingtonia flagrans.

Eliminación inicial de huevos de nematodos estrongilados	Recuento de L3	% Reducción de L3
≤ 300	120	89
310 – 800	327	96
> 800	732	97

Tabla 3. Porcentaje de reducción de huevos del trematodo gástrico Calicophoron daubneyi en heces de vacunos mediante la adición de esporas de los hongos Mucor circinelloides o Trichoderma spp.

Eliminación inicial de huevos de Calicophoron daubneyi	50	100	150	200
% Reducción con <i>Mucor</i>	88	89	88	94
% Reducción con <i>Trichoderma</i>	54	57	62	74

Conclusiones

El control de parásitos que afectan a animales de renta no puede basarse sólo en la administración de tratamientos farmacológicos, ya que la presencia de formas de vida libre en el suelo provoca la reinfección de los animales, y con ello la necesidad de volver a desparasitarlos. Esta práctica se ha revelado inoperante e ineficaz a lo largo de los años, evidenciándose en muchas zonas geográficas la aparición de cepas de parásitos que transmiten a su descendencia la capacidad de resistir la acción de ciertos fármacos. Algunos hongos del suelo presentan actividad parasitocida frente a huevos o larvas, por lo que se convierten en candidatos muy adecuados para reducir la presencia de los patógenos del suelo, y minimizar así el riesgo en los animales en pastoreo.

Puesto que las formas parasitarias salen al exterior con las heces de los individuos parasitados, la administración de esporas con la alimentación proporciona una herramienta muy útil para poner en contacto a agonistas y antagonistas, de forma que las posibilidades de evolución de los parásitos resulten considerablemente mermadas. Otra vía para distribuir los hongos podría ser mediante aspersores o pulverizadores, directamente en el suelo.

Los buenos resultados obtenidos sobre distintos parásitos que afectan a diferentes animales que se mantienen en zonas con características climáticas y medioambientales diversas, abren un campo muy esperanzador en el diseño de nuevos métodos de control biológico, eficaces, ecológicos y rentables, que harían posible una producción libre de fármacos, y la obtención de productos bajo la calificación de *orgánicos* o *ecológicos*, mejor valorados por el consumidor.

Referencias bibliográficas

- Arias, M., Sánchez-Andrade, R., Suárez, J.L., Piñeiro, P., Francisco, R., Cazapal-Monteiro, C., Cortiñas, F.J., Francisco, I., Romasanta, A., & Paz-Silva, A. (2012a). Livestock: Rearing, Farming Practices and Diseases. En T. Javed (Ed.), Parasitic diseases in livestock under different types of grazing management. Diagnosis and possibilities for their control (pp. 105-126). Hauppauge NY: Novapublishers.
- Arias, M, Suárez, J., Cortiñas, F.J., Francisco, I., Suárez, J.L., Sánchez-Andrade, R., & Paz-Silva, A. (2012b). Restoration of fungal biota in the soil is essential to prevent infection by endoparasites in grazing animals. En M. Arias y A. Paz-Silva (Eds.), Fungi: Types, Environmental Impact and Role in Disease (pp. 341-358). Hauppauge NY: Nova Science Publishers.
- Arias, M.S., Cazapal-Monteiro, C.F., Suárez, J., Miguélez, S., Francisco, I., Arroyo, F.L., Suárez, J.L., Paz-Silva, A., Sánchez-Andrade, R., & Mendoza de Gives, P. (2013a). Mixed production of filamentous fungal spores for preventing soil-transmitted helminth zoonoses: a preliminary analysis. *Biomed Research International*, doi: 10.1155/2013/567876
- Arias, M.S., Cazapal-Monteiro, C.F., Valderrábano, E., Miguélez, S., Rois, J.L., López-Arellano, M.E., Madeira de Carvalho, L.M., Mendoza de Gives, P., Sánchez-Andrade, R., & Paz-Silva, A. (2013b). A preliminary study of the biological control of strongyles affecting equids in a Zoological Park. *Journal of Equine Veterinary Science*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.04.013>
- Assis, R.C., Luns, F.D., Araújo, J.V., Braga, F.R., Assis, R.L., Marcelino, J.L., Freitas, P.C., & Andrade, M.A. (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. *Veterinary Parasitology*, 193, 134-140.
- Baudena, M.A., Chapman, M.R., Larsen, M., & Klei, T.R. (2000). Efficacy of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in reducing equine cyathostome larvae on pasture in south Louisiana. *Veterinary Parasitology*, 89, 219-230.
- Braga, F.R., Araújo, J.V., Silva, A.R., Carvalho, R.O., Araujo, J.M., Ferreira, S.R., & Carvalho, G.R. (2010). Viability of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* after passage through the gastrointestinal tract of horses. *Veterinary Parasitology*, 168, 264-268.
- Braga, F.R., & De Araújo, J.V. (2014). Nematophagous fungi for biological control of gastrointestinal nematodes in domestic animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98, 71-82.
- Bustamante, J. (2013). *Producción de leche en pastoreo suplementado con Leucaena en áreas compactas*. Recuperado el 26 de marzo, 2015, de <http://www.engormix.com/MAGanaderialeche/forrajespasturas/articulos/produccion-leche-pastoreo-suplementado-t5118/089-p0.htm>
- Campos, A.K., Araújo, J.V., Guimarães, M.P., & Dias, A.S. (2009). Resistance of different fungal structures of *Duddingtonia flagrans* to the digestive process and predatory ability on larvae of *Haemonchus contortus* and *Strongyloides papillosus* in goat feces. *Parasitology Research*, 105, 913-919.
- Carvalho, R.O., Araújo, J.V., Braga, F.R., Araujo, J.M., Silva, A.R., & Tavela, A.O. (2009). Predatory activity of nematophagous fungi on infective larvae of *Ancylostoma* sp.: evaluation in vitro and after passing through the gastrointestinal tract of dogs. *Journal of Helminthology*, 83, 231-236.
- Casillas-Aguilar, J.A., Mendoza de Gives, P., López-Arellano, M.E., & Liébano Hernández, E. (2008). Evaluation of multinutritional pellets containing *Duddingtonia flagrans* chlamydospore for the control of ovine haemonchosis. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1149, 161-163.
- Cazapal-Monteiro, C.F., Hernández, J.A., Arroyo, F.L., Miguélez, S., Romasanta, A., Paz-Silva, A., Sánchez-Andrade, R., & Arias, M.S. (2015). Analysis of the effect of soil saprophytic fungi on the eggs of *Baylisascaris procyonis*. *Parasitology Research*, (2).
- Chandrawathani, P., Jamnah, O., Waller, P.J., Höglund, J., Larsen, M., Zahari, W.M. (2002). Nematophagous fungi as a biological control agent for nematode parasites of small ruminants in Malaysia: a special emphasis on *Duddingtonia flagrans*. *Veterinary Research*, 33, 685-696.
- Chartier, C., & Pors, I. (2003). Effect of the nematophagous fungus, *Duddingtonia flagrans*, on the larval development of goat parasitic nematodes: a plot study. *Veterinary Research*, 34, 221-230.
- Dias, A.S., Araújo, J.V., Braga, F.R., Puppim, A.C., & Perboni, W.R. (2013). *Pochonia chlamydosporia* in the biological control of *Fasciola hepatica* in cattle in South-eastern Brazil. *Parasitology Research*, 112, 2131-2136.
- Dimander, S.O., Höglund, J., & Waller, P.J. (2003). Seasonal translation of infective larvae of gastrointestinal nematodes of cattle and the effect of *Duddingtonia flagrans*: a 3-year pilot study. *Veterinary Parasitology*, 117,

99-116.

Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001) Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol*, 46, 387-400.

Faedo, M., Larsen, M., & Waller, P.J. (1997). The potential of nematophagous fungi to control the free-living stages of nematode parasites of sheep: comparison between Australian isolates of *Arthrobotrys* spp. and *Duddingtonia flagrans*. *Veterinary Parasitology*, 72, 149-155.

Faedo, M., Larsen, M., & Grønvold, J. (2002). Predacious activity of *Duddingtonia flagrans* within the cattle faecal pat. *Journal of Helminthology*, 76, 295-302.

Ferreira, S.R., de Araújo, J.V., Braga, F.R., Araujo, J.M., & Fernandes, F.M. (2011a). *In vitro* predatory activity of nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans* on infective larvae of *Oesophagostomum* spp. after passing through gastrointestinal tract of pigs. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 1589-1593.

Ferreira, S.R., de Araújo, J.V., Braga, F.R., Araujo, J.M., Frassy, L.N., & Ferreira, A.S. (2011b). Biological control of *Ascaris suum* eggs by *Pochonia chlamydosporia* fungus. *Veterinary Research Communications*, 35, 553-558.

Fontenot, M.E, Miller, J.E., Peña, M.T., Larsen, M., & Gillespie, A. (2003). Efficiency of feeding *Duddingtonia flagrans* chlamydo spores to grazing ewes on reducing availability of parasitic nematode larvae on pasture. *Veterinary Parasitology*, 118, 203-213.

Githigia, S.M., Thamsborg, S.M., Larsen, M., Kyvsgaard, N.C., & Nansen, P. (1997). The preventive effect of the fungus *Duddingtonia flagrans* on trichostrongyle infections of lambs on pasture. *International Journal for Parasitology*, 27, 931-939.

Gómez-Rincón, C., Uriarte, J., & Valderrábano, J. (2006). Efficiency of *Duddingtonia flagrans* against *Trichostrongyle* infections of sheep on mountain pastures. *Veterinary Parasitology*, 141, 84-90.

López-Llorca, L.V., Gómez-Vidal, S., Monfort, E., Larriba, E., Casado-Vela, J., Elortza, F., Jansson, H.B., Salinas, J., & Martín-Nieto, J. (2010). Expression of serine proteases in egg-parasitic nematophagous fungi during barley root colonization. *Fungal Genetics and Biology*, 47, 342-351.

Lýsek, H., & Stěrba, J. (1991). Colonization of *Ascaris lumbricoides* eggs by the fungus *Verticillium chlamydo sporium* Goddard. *Folia Parasitol (Praha)*. 38, 255-259.

Maciel, A.S., Freitas, L.G., Figueiredo, L.D., Campos,

A.K., Mello, I.N. (2012). Antagonistic activity of the fungus *Pochonia chlamydosporia* on mature and immature *Toxocara canis* eggs. *Parasitology*, 139, 1074-1085.

Mederos, A., y Banchemo, G. (2013). Parasitosis gastro-intestinales de ovinos y bovinos: situación actual y avances de la investigación. *Revista INIA*, 34, 1-6.

Meganck, V., Hoflack, G., Piepers, S., & Opsomer, G. (2015). Evaluation of a protocol to reduce the incidence of neonatal calf diarrhoea on dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 118, 64-70.

Ojeda-Robertos, N.F., Mendoza-de Gives, P., Torres-Acosta, J.F., Rodríguez-Vivas, R.I., & Aguilar-Caballero, A.J. (2005). Evaluating the effectiveness of a Mexican strain of *Duddingtonia flagrans* as a biological control agent against gastrointestinal nematodes in goat faeces. *Journal of Helminthology*, 79, 151-157.

Ojeda-Robertos, N.F., Torres-Acosta, J.F., Ayala-Burgos, A.J., Sandoval-Castro, C.A., Valero-Coss, R.O., & Mendoza-de-Gives, P. (2009). Digestibility of *Duddingtonia flagrans* chlamydo spores in ruminants: *in vitro* and *in vivo* studies. *BMC Veterinary Research*, 5, 46.

Paraud, C., Cabaret, J., Pors, I., & Chartier, C. (2005). Impact of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* on *Muellerius capillaris* larvae in goat faeces. *Veterinary Parasitology*, 131, 71-78.

Paz-Silva, A., Francisco, I., Valero-Coss, R.O., Cortiñas, F.J., Sánchez, J.A., Francisco, R., Arias, M., Suárez, J.L., López-Arellano, M.E., Sánchez-Andrade, R., & de Gives, P.M. (2011). Ability of the fungus *Duddingtonia flagrans* to adapt to the cyathostomin egg-output by spreading chlamydo spores. *Veterinary Parasitology*, 179, 277-282.

Sagüés, M.F., Fusé, L.A., Fernández, A.S., Iglesias, L.E., Moreno, F.C., & Saumell, C.A. (2011). Efficacy of an energy block containing *Duddingtonia flagrans* in the control of gastrointestinal nematodes of sheep. *Parasitology Research*, 109, 707-713.

Santos, C.P., Padilha, T., & de Azevedo Rodrigues, M.L. (2001). Predatory activity of *Arthrobotrys oligospora* and *Duddingtonia flagrans* on pre-parasitic larval stages of cyathostominae under different constant temperatures. *Ciência Rural*, Santa Maria, 31, 839-842.

Sanyal, P.K. (2000). Screening for Indian isolates of predacious fungi for use in biological control against nematode parasites of ruminants. *Veterinary Research Communications*, 24, 55-62.

Sanyal, P.K., Sarkar, A.K., Patel, N.K., Mandal, S.C., &

Pal, S. (2008). Formulation of a strategy for the application of *Duddingtonia flagrans* to control caprine parasitic gastroenteritis. *Journal of Helminthology*, 82, 169-174.

Scribano, V. (2012). Pastoreo de *Leucaena* en el control de parásitos. Recuperado el 26 de marzo, 2015, de http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/45-Leucaena_parasitos.pdf

Waghorn, T.S., Leathwick, D.M., Chen, L.Y., & Skipp,

R.A. (2003). Efficacy of the nematode-trapping fungus *Duddingtonia flagrans* against three species of gastrointestinal nematodes in laboratory faecal cultures from sheep and goats. *Veterinary Parasitology*, 118, 227-234.

Waller, P.J., Faedo, M., & Ellis, K. (2001). The potential of nematophagous fungi to control the free-living stages of nematode parasites of sheep: towards the development of a fungal controlled release device. *Veterinary Parasitology*, 102, 299-308..

Artículo Recibido: mayo 20 de 2015

Artículo Aceptado: julio 1 de 2015