

## Implementación de hongos nematófagos para el control de parásitos gastrointestinales

Implementation of nematophagous fungi for the control of  
gastrointestinal parasites

Mónica Alejandra Fernández-Jiménez<sup>1</sup>

Diana María Bulla-Castañeda<sup>2</sup>

Andrés Marcelo Sanabria-Villate<sup>3</sup>

Martín Orlando Pulido-Medellín<sup>4</sup>

**Fecha de recepción:** 1 de mayo de 2019

**Fecha de aceptación:** 22 de julio de 2019

### Resumen

Las patologías generadas por parásitos gastrointestinales son consideradas como una de las principales causas de pérdidas económicas en la industria ganadera, debido a la disminución de la eficiencia productiva y reproductiva de los individuos. El control de estas se realiza a partir de la implementación de productos farmacológicos de origen comercial; sin embargo, en la actualidad se han buscado diferentes opciones que permitan suplir su utilización debido a la alta resistencia a antiparasitarios generada por el uso indiscriminado de los mismos. El control biológico es una alternativa que disminuye las poblaciones parasitarias a un nivel que no afecta al hospedador, sin generar resistencia, ni ningún tipo de afección a los seres humanos y al medio ambiente. Los hongos nematófagos son microorganismos que poseen la capacidad para capturar, atacar, matar, y destruir nematodos gracias a que presentan órganos especializados para llevar a cabo esta acción; existen más de 300 especies y teniendo en cuenta el modo en que utilizan el recurso nutritivo, estos se pueden dividir en endoparásitos, ovicidas y depredadores. Existen

---

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). [monica.fernandez01@uptc.edu.co](mailto:monica.fernandez01@uptc.edu.co). ORCID: [0000-0002-8122-8482](https://orcid.org/0000-0002-8122-8482).

<sup>2</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). [diana.bulla@uptc.edu.co](mailto:diana.bulla@uptc.edu.co). ORCID: [0000-0002-3740-9454](https://orcid.org/0000-0002-3740-9454).

<sup>3</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). [andres.sanabria@uptc.edu.co](mailto:andres.sanabria@uptc.edu.co). ORCID: [0000-0002-8026-3163](https://orcid.org/0000-0002-8026-3163).

<sup>4</sup> M. Sc. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). [martin.pulido@uptc.edu.co](mailto:martin.pulido@uptc.edu.co). ORCID: [0000-0003-4989-1476](https://orcid.org/0000-0003-4989-1476).

diferentes mecanismos para suministrarlos y la especie que ha reportado mejores resultados para el control de parásitos en rumiantes es la *Duddingtonia flagrams*.

**Palabras clave:** control biológico; enfermedades parasitarias; hongos; parásitos.

### Abstract

The pathologies generated by gastrointestinal parasites are considered as one of the main causes of economic losses in the livestock industry, due to the decrease in the productive and reproductive efficiency of individuals. The control of these is made from the implementation of pharmacological products of commercial origin, however, currently it has sought different options to replace their use due to the high resistance to antiparasitic generated by its indiscriminate use. Biological control is an alternative that decreases parasitic populations at a level that does not affect the host, without generating resistance, or any type of affection to humans and the environment. The nematophagous fungi are microorganisms that have the capacity to capture, attack, kill, and destroy nematodes thanks to the presence of specialized organs to carry out this action; there are more than 300 species and taking into account the way in which they use the nutritive resource these can be divided into endoparasites, ovicides and predators. There are different mechanisms to supply them and the species that has reported the best results for the control of parasites in ruminants is *Duddingtonia flagrams*.

**Keywords:** biologic control; fungi; parasite; parasitic diseases.

### Para citar este artículo:

Fernández-Jiménez, M. A., Bulla-Castañeda, D. M., Sanabria-Villate, A. M., Pulido-Medellín, M. O. (2019). Implementación de hongos nematófagos para el control de parásitos gastrointestinales. *Pensamiento y Acción*, 27, 7-20.

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento 4.0



## Introducción

Los parásitos gastrointestinales son considerados como uno de los problemas de salud más importantes en el ganado bovino en todo el mundo, ya que causan pérdidas económicas en los rebaños (Pinilla et al., 2018) y generan un sinnúmero de patologías que afectan el estado de salud de los animales. Desde hace muchos años, el control de estas parasitosis se realiza con productos de origen comercial; sin embargo, en la actualidad se han explorado nuevas técnicas para combatir su presentación en los bovinos, puesto que los productos químicos han ido presentando grandes desventajas como la resistencia antihelmíntica, elevados costos y su posible efecto sobre el medioambiente, factores que inciden directamente en la disminución de su uso en las diferentes producciones (García-Corredor & Pulido-Medellín, 2016; Graminha, Costa, Oliveira, Monteiro & Palmeira 2005; Arroyo et al., 2008).

Además, cabe resaltar que se han presentado casos de zoonosis en los que los seres humanos se ven afectados por parasitosis; por ende, se hace necesaria la búsqueda de nuevas estrategias para el control parasitario, como la administración de vegetales antihelmínticos, el manejo genético en animales y el control biológico, las cuales complementan los programas de desparasitación y conllevan la disminución gradual del uso de productos químicos (Arias et al., 2013; García-Corredor & Pulido-Medellín, 2016). El control biológico es una de las estrategias para control de parásitos que más promete, pues disminuye las poblaciones parasitarias a un nivel no perjudicial, sin crear resistencia; además, no afecta la salud humana y el medioambiente (Márquez et al., 2016; Naranjo, 2008).

Dentro del control biológico, los hongos tienen un gran potencial no solo para el control de nematodos, sino también de insectos y de otros hongos, debido a una alta capacidad reproductiva (ciclo de vida corto), especificidad (en el caso de endoparásitos), producción de esporas de resistencia o desarrollo de fases saprofitas ante la ausencia de sus hospedadores, actividad antagónica solo sobre

el organismo diana y posibilidad de ser modificados y producidos a gran escala (Grfnvold, Henriksen, Larsen, Nansen & Wolstrup 1996; López-Llorca, 1992).

Los hongos nematófagos son microorganismos que poseen la capacidad para capturar, atacar, matar y destruir nematodos (adultos, juveniles, huevos y larvas) gracias a órganos especializados, como anillos simples y constrictores, anillos tridimensionales y ramas conidias adhesivas. Vale anotar que todo esto varía dependiendo de la especie y el género (Acevedo-Ramírez, Quiroz-Romero, Valero-Coss & Mendoza-De Givez, 2011; Arias et al., 2013; Gutiérrez et al., 2011). Además de su habilidad nematófaga, la mayoría de estos hongos puede sobrevivir en materia orgánica muerta, atacar a otros hongos (micoparásitos), colonizar raíces de plantas o ser producidos en laboratorio en medios nutritivos (Sagüés et al., 2011; Naranjo, 2008; Tunlid & Ahren, 2003).

Existen más de 300 especies de hongos nematófagos, divididos en endoparásitos, ovicidas y depredadores. La especie que ha presentado mejores resultados para el control de parásitos en rumiantes es *Duddingtonia flagrams*, ya que produce gran cantidad de clamidosporas que son resistentes a los procesos digestivos y posteriormente son eliminadas junto con las heces, lo cual significa que tienen un efecto depredador sobre nematodos (Campos, Araújo, Guimarães & Dias, 2009; García-Corredor & Pulido-Medellín, 2016; Arroyo et al., 2008). También se ha investigado acerca de otro género de hongos como el *Arthrobotrys* con varias especies, el cual, junto con *Duddingtonia flagramshan*, presntó resultados que varían contra *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Cooperia* sp., *Oesophagostomum* sp., *Dictyocaulus viviparus*, *Strongyloides papillosus*, entre otros (Orozco, Álvarez, Jiménez & Acuña, 2009; Soto et al., 2010; Jaffee, 2004).

Para evaluar la eficacia de los hongos sobre los parásitos es necesario hacer ensayos *in vitro* que permitan determinar el potencial de los mismos. Estos

estudios han posibilitado usar micelios o esporas de hongos de administración oral para la inoculación directa en las heces de los animales y así propiciar el contacto de las larvas con el hongo y evitar que las larvas pasen al suelo (Elshafie & Akindi, 2006; Araújo, Assis & Campos, 2006). El objetivo del presente artículo es llevar a cabo una revisión de la implementación de los hongos nematófagos para el control biológico de parásitos gastrointestinales.

## Mecanismos de acción

### Endoparasitos

Los hongos endoparasitos usan sus esporas para infectar al parásito, se caracterizan porque las hifas crecen únicamente dentro del nematodo (Braga et al., 2011). Las esporas ingresan al interior del nematodo, se enquistan en él y penetran la cutícula para germinar posteriormente; algunas pueden ser móviles o inmóviles como en el caso de *Catenaria anguillulae* y *Drechmeria coniospora* respectivamente, este último ha presentado un buen control sobre *Ostertagia ostertagi*, *O. circumcincta*, *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* y *H. contortus* (Sagüés et al., 2011; García-Corredor & Pulido-Medellín, 2016). En esta categoría también se encuentran algunos hongos productores de toxina, por ejemplo *Pleurotus ostreatus* y otros *Pleurotus spp.*, donde las hifas contienen una gota de toxina que al entrar en contacto con el parásito este es inmovilizado y las hifas del hongo crecen al nivel de la boca del nematodo para ser digeridas (Naranjo, 2008; Vaucher, Simonetti & Roehe, 2008). Sumado a esto, los endoparasitos tienen la capacidad de colonizar huevos, quistes y hembras, siendo considerados como el grupo con mayor potencial para el control de nematodos. En general, los hongos se encuentran ampliamente distribuidos en el ecosistema, aunque en algunas ocasiones la presencia o no de los hongos depende de condiciones ambientales, como en el caso de los endoparasitos, los cuales se presentan con mayor frecuencia en suelos húmedos (Gortari & Cazau, 2007).

## Ovicidas

Los hongos ovicidas son principalmente utilizados en el control de nematodos fitopatógenos, pero existe un pequeño grupo de hongos especializado en nematodos parásitos, específicamente en los quistes que están en el interior de los huevos del parásito; por ejemplo, *Verticillium chlamydosporium*, el cual ataca a huevos de *Ascarus lumbricoides in vitro* (Araújo et al., 2009a). Se han propuesto dos mecanismos de acción del hongo sobre el huevo: a través de la formación de un órgano específico de penetración en el sitio en donde la hifa está en contacto con la cáscara o con la penetración de la hifa vegetativa en la cáscara del huevo. Cabe resaltar que la mayoría de los hongos ovicidas son saprofitos, así que no dependen de la presencia de huevos en el medio (Braga et al., 2009; Araújo et al., 2009b). Dentro de este grupo también se encuentra *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *F. oxysporum* y *Monacrosporium*, los cuales han tenido efectividad contra el nematodo *M. javanica*. Su mecanismo de acción funciona de forma directa e indirecta. El mecanismo directo se da por el micoparasitismo y la producción de nematotoxinas, mientras que el mecanismo indirecto consiste en competir por nutrientes o espacio y la antibiosis (producción de metabolitos). *Trichoderma* es el mejor productor de toxinas y muestra mayor tasa de infección en nematodos (Peraza, Orozco & Esquivel, 2014; Kemper et al., 2009).

## Depredadores

Estos hongos son saprofitos, forman un sistema micelar en el medio utilizado como recurso nutritivo de los nematodos cuando están en vida libre. Son capaces de atrapar y consumir las larvas, las cuales están presentes en el suelo y en la materia fecal; esto ocurre gracias a la producción de un material que se encuentra sobre la hifas y que adhiere al parásito acompañado por la acción de anillos constrictores. El mecanismo de acción de los hongos es una combinación entre el uso de órganos de captura, los cuales ejercen una fuerza mecánica, y la liberación de enzimas hidrolíticas como proteasas proteicas que digieren la cutícula del nematodo; una hora después de la entrada del hongo en el parásito crea un bulbo infectivo que en

cuestión de horas invade completamente el interior del nematodo (Braga et al., 2011; Sagüés et al., 2011).

La digestión puede durar una semana, durante la cual la hifa trófica se alisa y el hongo se desarrolla de nuevo hasta que la presencia del nematodo activa su acción depredadora (Braga et al., 2011; Sagüés et al., 2011). Dentro este grupo se encuentra el *Arthrobotrys oligospora*, el cual ha mostrado control sobre *Cooperia oncophora*, *C. curticei*, *O. ostertagi*, *Dictyocaulus viviparus*, *Strongyloides papillosus*, *H. contortus*, *O. circumcincta*, *T. colubriformis*, *Oesophagostomum dentatum*, *O. quadrispinulatum*, *Cyathostomes*. Asimismo, el hongo *A. robusta* ha mostrado efectividad sobre *H. placei*, *H. contortu*, *S. papillosus* (Larsen, 2000; Wachira et al., 2009).

## Mecanismos de administración

### Bloques energéticos

Se incorporó *D. flagrans* en bloques energéticos y se evaluó la eficacia mediante la administración de los bloques a ovinos. Para esto se tomaron dos pasturas, las cuales fueron contaminadas con animales infectados. Posteriormente se introdujeron animales libres de parásitos, a la mitad de ellos se les suministró el bloque con hongos y a la otra mitad, el bloque sin hongos; los animales se dejaron en pastoreo durante un mes. Concluido este periodo, se sacrificaron varios animales para determinar la cantidad y las especies de nematodos presentes en el tracto gastrointestinal. Se evidenció una eficacia del 92 % del hongo sobre la población susceptible (González et al., 2005). Este método de control biológico puede administrarse en el caso de pastoreo extensivo o cuando la contaminación de la pastura represente un riesgo para la salud animal (Sagüés et al., 2011).

### **Bolos de liberación controlada**

Los bolos de liberación controlada (BLC) son otra forma de administrar hongos nematódagos, empleados como dispositivos intrarruminales. Se ha demostrado que las clamidosporas de *D. flagrans* son capaces de sobrevivir a las presiones de fabricación en el momento de ser incorporadas en matrices en prototipos intrarruminales de BCL, las cuales se mantuvieron viables durante nueve meses a 4 °C (Waller, Faedo & Ellis, 2001). En estudios *in vivo* se observó que los bolos, después de su colocación en el rumen, liberaron clamidosporas viables durante 23 días; transcurrido este periodo, el dispositivo se humedeció y dejó de liberar esporas de manera correcta (Baloyi, Laing & Yobo, 2012). En unos años se podrían utilizar los BLC para el control de larvas infectivas en la pastura, mediante la liberación de clamidosporas en la materia fecal (García-Corredor & Pulido-Medellín, 2016).

### **Granos de cereales con hongos nematódagos**

Los granos de cereales son ideales para la producción y crecimiento de una gran cantidad de esporas de hongos nematódagos. Ketzis *et al.* (2006) suministraron diariamente 5 g de cebada con  $3 \times 10^8$  clamidosporas durante cinco días, cantidad suficiente para disminuir el número de larvas en materia fecal. Los granos de cereales se pueden utilizar en producciones intensivas o si el estabulado constante hace parte de la rutina del animal. También pueden suministrarse en periodos críticos, como el destete y el parto, cuando la excreción de huevos de parásitos por gramo de materia fecal es mayor y el animal se encuentra más susceptible (Carvalho, Braga & Araújo, 2011; Sagües *et al.*, 2011; Larsen, Faedo, Waller & Hennessy, 1998).

### **Bloques minerales**

Boguś, Czygier, Kdra y Samborski (2005) usaron ovinos que consumían bloques minerales antes del tratamiento, en donde se demostró la supervivencia del hongo por un mínimo de 18 semanas a 4 °C. Es importante tener en cuenta el tiempo de vida de las esporas en los bloques, debido a su germinación en caso de existir



humedad en el ambiente. Estos bloques traen grandes ventajas como su bajo costo y su utilización doble propósito, ya que, además de ser un vehículo para los hongos nematódagos, son una excelente fuente nutricional. Las desventajas de este método son la variación de consumo que existe entre los animales y que es necesaria su conservación a 4 °C para evitar humedad y, por ende, la germinación de las clamidosporas (Beynon, 2012). Estos bloques pueden ser suministrados en sistemas donde los animales se encuentran en pastoreo constante y en periodos de máxima contaminación de los pastos para evitar infecciones por larvas (Waller et al., 2001).

### **Pellets de alginato de sodio**

Otra forma de administración de hongos nematódagos para animales domésticos es la utilización de pellets de alginato de sodio, la cual ha tenido éxito en estudios realizados, que demostraron que la incorporación de los hongos en los pellets no afectó su capacidad predadora (Araújo, Sampaio, Vasconcellos & Campos, 2000). Las especies utilizadas en este caso fueron *Monacrosporium thaumasium* y *Arthrobotys robusta*, en donde se suministró *A. robusta* por vía oral a bovinos, para posteriormente aislarlo de la materia fecal. Se comprobó que su pasaje a través del tracto gastrointestinal no afecta la capacidad predadora. Por otro lado, *D. flagrans* y *M. thaumasium* se incorporaron a pellets que fueron suministrados a equinos para comprobar su control sobre larvas de *Cyathostoma* (Longo et al., 2012). Los animales utilizados recibieron una dosis de 1 g de pellet por 10 kilogramos de peso vivo, una vez a la semana, durante seis meses, y se demostró una reducción significativa en el número de huevos en materia fecal y de larvas en coprocultivos. Este resultado hace que este tratamiento pueda ser utilizado como herramienta de control biológico para nematodos gastrointestinales en equinos (Braga et al., 2009; Tavela et al., 2011).

### **Conclusiones**

La utilización de hongos nematódagos para el control de parásitos gastrointestinales es considerada como una alternativa amigable con el medioambiente, que favorece

la lucha contra la resistencia a productos farmacológicos. Se ha demostrado que su utilización disminuye la carga parasitaria de los individuos sometidos a tratamientos con estos y que no genera ningún efecto secundario que pueda llegar a afectar a los animales. Se considera necesario implementar más investigaciones que permitan explorar nuevas especies de hongos en diferentes condiciones medioambientales, para así tener un sinnúmero de opciones de control de los parásitos intestinales.

## Referencias

- Acevedo-Ramírez, P. M. C., Quiroz-Romero, H., Valero-Coss, R. O., & Mendoza-de-Givez, P. (2011). Nematophagous fungi from Mexico with activity against the sheep nematode *Haemonchus contortus*. *Revista Ibero-latinoamericana de parasitología*, 70 (1), 101-108.
- Araújo, J. V., Assis, R. C. L., Campos, A. K. (2006). Efeito antagônico de fungos predadores dos gêneros. *Med. Vet. Zootec.*, 58(3), 373-380.
- Araújo, J. V., Sampaio, W. M., Vasconcellos, R. S., & Campos, A. K. (2000). Effects of different temperatures and mineral salt on pellets of *Monacrosporium thaumasium*-a nematode-trapping fungus. *Veterinarski Arhiv*, 70(4), 181–190.
- Araújo, J. M., Araújo, J. V. de, Braga, F. R., Carvalho, R. O., & Ferreira, S. R. (2009a). Activity of the nematophagous fungi *Pochonia chlamydosporia*, *Duddingtonia flagrans* and *Monacrosporium thaumasium* on egg capsules of *Dipylidium caninum*. *Veterinary Parasitology*, 166(1–2), 86–89. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.08.003>.
- Araújo, J. V., Braga, F. R., Silva, A. R., Carvalho, R. O., Lima, W. S., Ferreira, S. R., & Tavela, A. O. (2009b). Predatory activity of the fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium*, *Monacrosporium sinense* and *Arthrobotrys robusta* on *Angiostrongylus vasorum* first-stage larvae. *Journal of Helminthology*, 83(04), 303. <https://doi.org/10.1017/s0022149x09232342>.
- Arias, M. S., Suárez, J., Miguélez, S., Francisco, I., Arroyo, F. L., Suárez, J. L., & Mendoza-de-Gives, P. (2013). Mixed Production of Filamentous Fungal Spores for Preventing Soil-Transmitted Helminth Zoonoses: A Preliminary Analysis. *BioMed Research International*, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/567876>.
- Arroyo, F., Mendoza, P., López, M. E., Liébano, E., & Arellano, L. (2008). Evaluación de un método combinado de control de la hemoncosis ovina en condiciones controladas. *Técnica Pecuaria en Mexico*, 46(2), 217-223.
- Baloyi, M. A., Laing, M. D., & Yobo, K. S. (2012). Use of mixed cultures of biocontrol agents to control sheep nematodes. *Veterinary Parasitology*, 184(2-4), 367-370. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.09.015>.
- Beynon, S. A. (2012). Potential environmental consequences of administration of anthelmintics to sheep. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.040>.
- Boguś, M. I., Czygier, M., Kdra, 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. *Experimental Parasitology*, 109(2), 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2004.12.001>.
- Braga, F. R., Araújo, J. V., Silva, A. R., Araujo, J. M., Carvalho, R. O., Tavela, A. O., & Carvalho, G. R. (2009). Biological control of horse cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) using the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in tropical southeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 163(4), 335-340. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.05.003>.
- Braga, F. R., Araújo, J. V., Araujo, J. M., Tavela, A. de O., Ferreira, S. R., Freitas Soares, F. E., & Frassy, L. N. (2011). Influence of the preservation period in silica-gel on the predatory activity of the isolates of *Duddingtonia flagrans* on infective larvae of cyathostomins (Nematoda: Cyathostominae). *Experimental Parasitology*, 128(4), 460-463. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2011.05.013>.
- 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(4), 913-919. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1476-z>.
- Carvalho, R. O., Braga, F. R., & Araújo, J. V. (2011). Viability and nematophagous activity of the freeze-dried fungus *Arthrobotrys robusta* against *Ancylostoma* spp. infective larvae in dogs. *Veterinary Parasitology*, 176(2-3), 236-239. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.10.051>.
- Elshafie, E., & Akindi, Y. (2006). Diversity and trapping efficiency of nematophagous fungi from Oman. *Phytopathol. Mediterr.*, 45(3), 266-270.
- Federica, M., Purslow, P., Fernández, S., Fusé, L., & Iglesias, L. (2011). Hongos nematófagos utilizados para el control biológico de nematodos gastrointestinales en el ganado y sus formas de administración. *Revista Iberoamericana de Micología*, 28(4), 143-147. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2011.06.009>.
- García-Corredor, D. J., & Pulido-medellín, M. O. (2016). Uso de hongos nematófagos en el control biológico de nematodos gastrointestinales en ovinos. *Revista Logos Ciencias & Tecnología*, 7(2), 78-86.
- González, R., Mendoza, P., Glafiro, T., Becerril, C., Ortega, E., & Hernandez, O. (2005). Estudio in vitro de la capacidad depredadora de *Duddingtonia flagrans* contra larvas de nematodos gastrointestinales de ovinos de pelo In vitro predacious ability of *Duddingtonia flagrans* against gastrointestinal nematode larvae of hair sheep. *Tec Pecu Mex*, 43(3), 405-414.
- Gortari, C., & Cazau, C. (2007). Hongos nematófagos de huevos de *Toxocara canis* en un paseo público de La Plata, Argentina. *Revista Iberoamericana de Micología*, 24(1), 24-28. [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(07\)70005-0](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(07)70005-0).
- Graminha, B. N., Costa, A. J., Oliveira, G. P., Monteiro, A. C., & Palmeira, S. B. S. (2005). Biological control of sheep parasite nematodes by nematode-trapping fungi: in vitro activity and after passage through the gastrointestinal tract. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21(5), 717-718. <https://doi.org/10.1007/s11274-004-4045-8>.
- Grfnvold, J., Henriksen, S. A., Larsen, M., Nansen, P., & Wolstrup, J. (1996). Biological control. Aspects of biological control with special reference to arthropods, protozoans and helminths of domesticated animals. *Vet Parasitol*, 64, 47-64.
- Jaffee, B. A. (2004). Do Organic Amendments Enhance the Nematode-Trapping Fungi *Dactylellina haptotyla* and *Arthrobotrys oligospora*? *Journal of Nematology*, 36(3), 267-275.
- Kemper, K. E., Elwin, R. L., Bishop, S. C., Goddard, M. E., & Woolaston, R. R. (2009). *Haemonchus contortus*

- and *Trichostrongylus colubriformis* did not adapt to long-term exposure to sheep that were genetically resistant or susceptible to nematode infections. *International Journal for Parasitology*, 39(5), 607-614. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2008.08.013>.
- Ketzis, J. K., Vercruysse, J., Stromberg, B. E., Larsen, M., Athanasiadou, S., & Houdijk, J. G. M. (2006). Evaluation of efficacy expectations for novel and non-chemical helminth control strategies in ruminants. *Veterinary Parasitology*, 139(4), 321-335. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.022>.
- Larsen, M. (2000). Prospects for controlling animal parasitic nematodes by predacious micro fungi. *Parasitology*, 120, 121-131.
- Larsen, M., Faedo, M., Waller, P. J., & Hennessy, D. R. (1998). The potential of nematophagous fungi to control the free-living stages of nematode parasites of sheep: Studies with *Duddingtonia flagrans*. *Vet. Parasitol.*, 76(1-2), 121-128.
- Longo, V., Vilela, R., Ferreira, T., Ribeiro, F., Victor, J., Araújo, D., & Athayde, R. (2012). Veterinary Parasitology Biological control of goat gastrointestinal helminthiasis by *Duddingtonia flagrans* in a semi-arid region of the northeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 188(1-2), 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.02.018>.
- López-Llorca, L. V. (1992). Los hongos parásitos de invertebrados y su potencial como agentes de control biológico. *Rev Iberoam Micol*, 9, 17-22.
- Márquez, D., Patiño, R. E., Cubides, J. A., Montero, K., Díaz, D., & Gómez, Y. (2016). Capacidad predadora *in vitro* de hongos nematófagos nativos de Cundinamarca sobre nematodos gastrointestinales de bovinos. *Rev Med Vet.*, (31), 47-55.
- Naranjo, R. P. (2008). Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Tecnología en marcha*, 21, 123-132.
- Orozco A, M., Álvarez C, V., Jiménez R, A., & Acuña N, Ó. (2009). Evaluación *in vitro* de hongos nematófagos para el control biológico de nemátodos gastrointestinales de rumiantes. *Revista MVZ Córdoba*, 14(3), 1820-1830.
- Peraza, W., Orozco, M., & Esquivel, A. (2014). Evaluación *in vitro* de hongos nematófagos en zonas arroceras de Costa Rica contra el nemátodo agallador *Meloidogyne javanica*. *Agronomía Costarricense*, 38(2), 19-32.
- Pinilla, J. C., Flórez, P., Sierra, M., Morales, E., Sierra, R., Vásquez, M. C., & Ortiz, D. (2018). Prevalence of gastrointestinal parasitism in bovines of Cesar state, Colombia. *Rivep*, 29(1), 278-287.
- Sagüés, M., Purslow, P., Fernández, S., Fusé, L., & Iglesias, L. (2011). Hongos nematófagos utilizados para el control biológico de nematodos gastrointestinales en el ganado y sus formas de administración. *Revista Iberoamericana de Micología*, 28(4), 143-147. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2011.06.009>.
- 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(3), 707-713. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2302-y>.
- Soto-Barrientos, N., Oliveira, J. De, Vega-Obando, R., & Montero, D. (2011, March). *In-vitro* predatory activity of nematophagous fungi from Costa Rica with potential use for controlling sheep and goat parasitic nematodes. *Rev. Biol. Trop.*, 59(1), 37-52.
- Tavela, A. de O., Araújo, J. V., Braga, F. R., Silva, A. R., Carvalho, R. O., Araujo, J. M., & Carvalho, G. R. (2011). Biological control of cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) with nematophagous fungus

Monacrosporium thaumasium in tropical southeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 175(1-2), 92-96.  
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.09.035>.

Tunlid, D. A., & Ahren, D. (2003). Evolution of Parasitism in Nematode-Trapping Fungi. *J Nematol*, 35(2), 194-197.

Vaucher, R. D. A., Simonetti, A. B., & Roehe, P. M. (2008, May). RT-PCR for detection of bovine parainfluenza virus type 3 (bPIV-3). *Acta Scientiae Veterinariae*, 36(3), 215-220.

Wachira, P., Okoth, S., Kimenju, J. W., & Kiarie, J. W. (2009, May). Diversity of nematode destroying fungi in Taita Taveta, Kenya. *Fungal Ecology*, 2(2). <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2008.11.002>.

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(4), 299-308.