

Un nuevo hongo nematófago con potencial biotecnológico para el control de plagas agrícolas y pecuarias

Pedro Mendoza de Gives

El Dr. Mendoza de Gives es Médico Veterinario Zootecnista por la UNAM, con una Maestría en Ciencias obtenida en la UAEMor y un Doctorado (PhD) por la Universidad de Nottingham, Reino Unido. Es investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP. Tiene una amplia experiencia en alternativas sustentables de control de plagas agrícolas y pecuarias, con más de 40 años en la investigación con hongos nematófagos. Es Miembro del SNI Nivel 3 y de la Academia de Ciencias Morelos, A.C.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Nematodos “plaga” que afectan a la agricultura y a la ganadería

Tanto las plantas como los animales son afectados por una serie de organismos causantes de enfermedad. Dentro de ellos, podemos encontrar virus, bacterias, hongos y particularmente un grupo de parásitos externos e internos que ocasionan pérdidas de gran importancia para la agricultura y la ganadería. Los parásitos internos, particularmente los nematodos del ganado que afectan al tracto gastrointestinal de rumiantes, son responsables de importantes pérdidas a la ganadería nacional. Se estima que en México los nematodos gastrointestinales son causantes de pérdidas económicas de más de \$445 millones de dólares anuales a la ganadería nacional. De manera similar los nematodos parásitos de plantas ocasionan pérdidas de más del 14 % de la producción total en cultivos de importante valor comercial, como tomate, papa, chile y pepino, entre otros. Es importante conocer los problemas que enfrentan nuestros productores del campo cuando se presentan plagas en sus cultivos o bien parásitos que afectan a su ganado. Cuando los productores ven que sus cultivos se encuentran afectados por plagas causadas por nematodos, particularmente aquellos que afectan al sistema radicular (también conocidos como “nematodos agalladores”) recurren a la aplicación de pesticidas químicos para aminorar los daños a sus cultivos. De manera similar, cuando los ganaderos ven que sus animales pierden apetito, bajan su producción, pierden peso y se enferman con regularidad, acuden a una farmacia veterinaria donde les aconsejan un desparasitante químico (también conocidos como drogas antihelmínticas). En ambos casos, el uso de compuestos químicos trae repercusiones de gran preocupación como son la aparición de la resistencia en los parásitos hacia estos compuestos, además de ocasionar un riesgo de salud pública para quienes consumen frutas, verduras, carne o leche con residuos de pesticidas o drogas antiparasitarias, perjudicando la salud de los consumidores. Existe adicionalmente otra gran desventaja del uso indiscriminado de pesticidas o drogas antiparasitarias para el ganado y son los residuos químicos que este sistema provoca, ya que al tratar a los cultivos contra las plagas o bien al tratar a los animales con desparasitantes químicos parte de estos productos van a parar al suelo, donde son un riesgo potencial en contra de microorganismos de la biota beneficiosa del suelo, poniendo en riesgo la fertilidad del mismo.

Haemonchus contortus, un parásito que vive en el estómago del ganado

Uno de los parásitos que ocasiona problemas más severos a la salud del ganado afectando a diversas especies de importancia pecuaria incluyendo vacas, borregos y cabras, es un nematodo (también conocido como lombriz) que vive en su estadio adulto dentro del abomaso (o estómago) de estos animales y se conoce con el nombre de *Haemonchus contortus* (Figura 1). Este parásito

posee una cavidad bucal con un estilete, con el que perfora los vasos sanguíneos del abomaso y succiona sangre ocasionando anemia, seguida de una gastritis y pérdida del apetito y desnutrición. Los animales parasitados con este nematodo pueden llegar a morir en caso de infestaciones masivas, particularmente los animales jóvenes que aún no han desarrollado adecuadamente su sistema inmunológico. Los parásitos adultos de esta especie copulan en el abomaso de los animales y las hembras fertilizadas producen una gran cantidad de huevos que son eliminados al exterior junto con las heces de los animales.



FIGURA 1. ASPECTO de parásitos adultos del nematodo hematofago del ganado *Haemonchus contortus*. (Fotografía amablemente proporcionada por el Dr. Agustín Olmedo Juárez, Investigador del CENID-SAI-INIFAP).

Se estima que cada hembra adulta del parásito elimina diariamente de 5 mil a diez mil huevos que terminan en el pastizal, donde los huevos desarrollan larvas infectantes que contaminan el forraje que consumen los animales y de esta manera la infección se disemina entre todos los animales. En este contexto, los productores usan desparasitantes que tienen un efecto temporal, pero una vez que este efecto termina, los animales al comer el forraje contaminado con larvas del parásito se vuelven a infectar de manera inmediata y el problema nunca termina.

Pesticidas y drogas químicas antiparasitarias

Tanto los pesticidas, como las drogas antihelmínticas químicas ayudan a contrarrestar los efectos de los parásitos en plantas y animales; sin embargo, se ha visto que estos productos contaminan el suelo y los cultivos que finalmente van a parar a nuestra mesa y son consumidos por todos. Por otra parte las drogas antiparasitarias administradas en los animales provocan en los parásitos mutaciones genéticas que les confieren resistencia antiparasitaria, lo que hace que cada vez estos productos sean menos eficaces contra los parásitos. Adicionalmente, estos productos pueden permanecer como residuos contaminantes en la carne, leche o subproductos de origen animal y al consumirlos ocasionan un problema de salud pública. En este contexto, los investigadores tenemos la encomienda de buscar alternativas de control de estas plagas que no tengan las desventajas que poseen los pesticidas y las drogas antiparasitarias para el ganado.

Investigación en el CENID-SAI del INIFAP en Morelos

En nuestro quehacer en la investigación en el Laboratorio de Helminología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI-INIFAP) en Jiutepec, Morelos (Figura



FIGURA 2. EL Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en Jiutepec, Morelos.

2), nos hemos dado a la tarea de analizar el problema de estas parasitosis y buscar estrategias de control que no tengan los efectos indeseables del uso de pesticidas o drogas antiparasitarias sintetizadas químicamente en un laboratorio comercial. Hemos encontrado en el suelo algunos microorganismos beneficios que son enemigos naturales de los parásitos que afectan a plantas y animales y son una herramienta biotecnológica para el control de los parásitos de plantas y animales.

De esta manera, en nuestro laboratorio hemos estudiado una serie de microorganismos beneficios que son bacterias, nematodos, algunos artrópodos y particularmente un grupo de hongos microscópicos (Figura 3), que de manera natural atacan, destruyen y se alimentan de estos nematodos que son conocidos como hongos nematófagos.

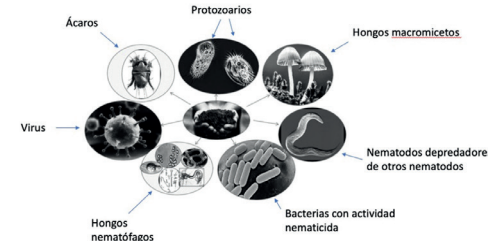


FIGURA 3. EL suelo es una fuente rica en microorganismos beneficiosos que nos ayudan a atacar a las plagas y parásitos del ganado sin afectar al medio ambiente, y sin efectos a la salud pública.

Hongos nematófagos

En nuestro laboratorio, desde hace más de 40 años, hemos estudiado a un grupo de microorganismos del suelo, ampliando nuestro conocimiento de los hongos nematófagos, que forman trampas con las que atraen, capturan, matan y se alimentan de nematodos plaga de importancia agrícola y pecuaria. Es importante recalcar que estos hongos han sido ampliamente estudiados y han demostrado ser inocuos para plantas, animales y el hombre; inclusive en Brasil y en Australia ya existen de manera comercial dos productos a base de cepas autóctonas de hongos nematófagos, que son comercializados y utilizados por productores de estos países. En nuestra investigación hemos desarrollado un alimento nutricional en forma de galletas para el ganado que contienen esporas de estos hongos (Figura 4). Los animales al comer estas galletas ingieren las esporas de estos hongos y después de pasar a través del tracto digestivo de los animales y salir junto con las heces, las esporas de estos hongos germinan y forman sus trampas para capturar a las larvas de los parásitos recién salidas de los huevos. Los hongos ejercen un efecto depredador matando a la mayoría de las larvas dentro de la materia fecal y de esta manera ya no salen de ella a contaminar el forraje, con lo que los animales ya no se van a contaminar de la misma forma que siempre se han contaminado. Como resultado, disminuyen las parasitosis junto con los estragos en la salud que esto implica (1). Esta tecnología ayuda a reducir las cargas parasitarias en el ganado desde una perspectiva sustentable e inocua para plantas, animales y el hombre. Esta información ha sido publicada a través de artículos científicos y

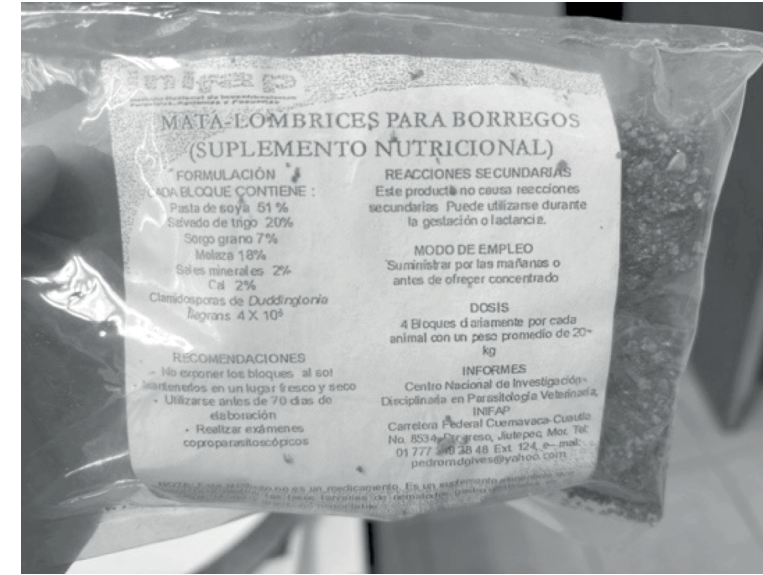


FIGURA 4. MATALOMBRICES para borregos desarrollado en el CENID-SAI, conteniendo esporas del hongo *Duddingtonia flagrans*.

divulgativos, capítulos de libro, y también la hemos dado a conocer en diversos foros científicos y en cursos a productores.

Hallazgo de una nueva especie de hongo nematófago

En un muestreo de rutina para aislar y evaluar hongos nematófagos a partir de materia orgánica, investigadores y estudiantes del



FIGURA 5. AISLAMIENTO de un nuevo hongo nematófago en el parque “El Hoyanco”

es limitado pues en el suelo estos hongos no pueden proliferar de manera desmedida. Existen factores bióticos, como la presencia de microorganismos antagonistas de estos hongos (nematodos, bacterias, otros hongos y sus metabolitos) así como factores abióticos (como la desecación, el pH, la temperatura y la radiación solar, entre otros) que impiden que estos hongos ocasionen un desequilibrio ambiental. A este fenómeno que impide el crecimiento sin control de poblaciones de hongos en el suelo se le conoce como *fungistasis del suelo*. Actualmente, con el apoyo de un proyecto de Frontera de la Ciencia del CONAHCYT (actualmente Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación), se planea patentar una estrategia sustentable que permitirá obtener un producto que contribuya a disminuir de manera importante el



CENID-SAI-INIFAP en Jiutepec, Morelos y colegas de la UNAM descubrimos en una muestra de corteza de árbol podrida del par-

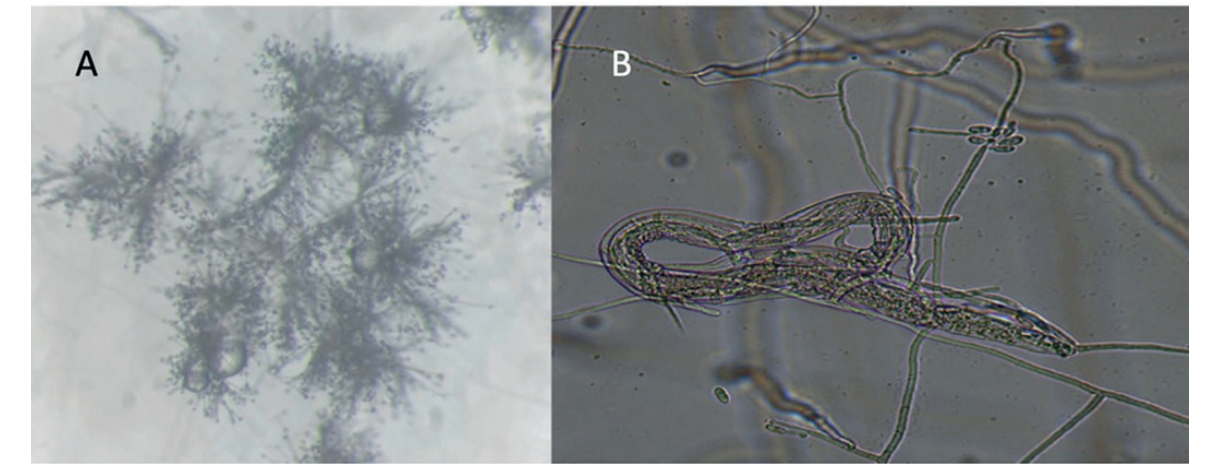


FIGURA 6. A) Aspecto del micelio y desarrollo de conidióforos del hongo *Arthrobotrys mendozadegivensis* creciendo en una caja de petri con agar agua; B) Una larva infectante del nematodo parásito de ovinos *Haemonchus contortus* capturada e invadida por el hongo.

que “El Hoyanco” (Municipio de Coatlán del Río, Morelos) una especie de un hongo nematófago nunca antes descrita (Figura 5).

Este hongo mostró características distintivas que permiten clasificarlo dentro del género *Arthrobotrys*; sin embargo, las especies reportadas hasta ahora difieren de este hongo no solo en cuanto a su morfología. Desde el punto de vista molecular, la secuencia genética de esta especie no coincide con las

trabajando con hongos nematófagos nos encontramos con algunas características que no habíamos visto antes como por ejemplo, este hongo forma esporas en racimo sobre un solo tallo o múltiples tallos unidos desde un mismo punto. Este hongo desarrolla una hifa madre engrosada (Sinematosa) de donde emergen conidióforos de tallo simple y que forman racimos de conidios en la parte apical. En presencia de nematodos, este hongo saporio suspende su saporificidad y comienza a formar redes adhesivas tridimensionales, que actúan como trampas para capturar nematodos y alimentarse de ellos. En este descubrimiento también se caracterizó su actividad biológica y se encontró que este hongo captura, mata y se alimenta de larvas del nematodo parásito del ganado *H. contortus* (Figura 6). Por lo tanto, este descubrimiento abre perspectivas como un nuevo agente potencial de control biológico de la hemocosis del ganado.

A este organismo se le dio el nombre de *Arthrobotrys mendozadegivensis*. Este trabajo formó parte del proyecto de tesis de maestría en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM del MVZ Enrique Gutiérrez Medina cuya tesis fue dirigida por el Dr.

Pedro Mendoza de Gives. Dentro del equipo de trabajo que participó en este importante descubrimiento se encuentran el M. en C. Gustavo Pérez Anzúrez, la M. en C. Génesis Andrea Bautista García, el MVZ Antonio Colinas Picazo, la Dra. María Eugenia López Arellano (Investigadores del CENID-SAI) y también se contó con la valiosa participación de los doctores Elke von Son de Fermex y Miguel Ángel Alonso Díaz, investigadores del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la UNAM (Martínez de la Torre, Veracruz). Finalmente se informa que este artículo (Figura 7) fue respaldado por un panel internacional de micólogos expertos en sistemática y fue publicado en la revista *Journal of Fungi* (2).

Este trabajo es un claro ejemplo de cómo el apoyo a la ciencia de frontera puede resultar en soluciones a problemas nacionales. Invito a las y los jóvenes a participar en la apasionante e interesante tarea de la investigación científica.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos.

Journal of Fungi
an Open Access Journal by MDPI

***Arthrobotrys mendozadegivensis* sp. nov. (Fungi: Orbiliales) from Mexico: Predatory Activity and Nematocidal Activity of Its Liquid Culture Filtrates Against *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongylidae)**

Enrique Gutiérrez-Medina; Pedro Mendoza-de Gives; Gustavo Pérez-Anzúrez; Antonio Colinas-Picazo; Génesis Andrea Bautista-García; Miguel Ángel Alonso-Díaz; Elke von Son-de-Ferne; María Eugenia López-Arellano



FIGURA 7. IZQUIERDA, portada del artículo describiendo a *Arthrobotrys mendozadegivensis*; Derecha, M. en C. Enrique Gutiérrez Medina y Dr. Pedro Mendoza de Gives.

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos?
CONTACTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com

REFERENCIAS
1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Galletas para combatir a los nematodos del ganado. 19 de diciembre de 2022. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/galletas-para-combatir-a-los-nematodos-del-ganado>

2. Gutiérrez-Medina, E., Gives, P. M., Pérez-Anzúrez, G., Colinas-Picazo, A., Bautista-García, G. A., Alonso-Díaz, M. Á., et al. (2024). *Arthrobotrys mendozadegivensis* sp. nov. (Fungi: Orbiliales) from Mexico: Predatory Activity and Nematocidal Activity of Its Liquid Culture Filtrates Against *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongylidae). *J. Fungi* 10, 888. doi: 10.3390/jof10120888

