

## PERSPECTIVAS DEL CONTROL BIOLÓGICO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS

J. Guillermo Rondón C.\*

\* Investigador Asociado. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas -MIP- Centro de Investigación "Tibaitatá",  
km. 14 vía a Mosquera, Cund  
Tel. 2861619 - FAX: (571) 282 8947 Apartado Aéreo 240142 Las Palmas, Santafé de Bogotá D.C. Colombia  
E-mail: corpoic2@mutls.colciencias.gov.co

### INTRODUCCION

Los nematodos son uno de los grupos más importantes de microorganismos habitantes del suelo, vinculados a las raíces de las plantas y con frecuencia juegan un papel vital en el crecimiento y la producción de las mismas. Los nematodos fitoparasitos son causantes de cuantiosas pérdidas en la agricultura tropical y reconocidos como plaga desde hace más de 300 años. En algunos cultivos resulta difícil hacer estimación de las pérdidas, ya que el daño que causan es únicamente medible en términos de reducciones de los rendimientos que se obtendrían en ausencia de ellos y si estas no son grandes, pasan desapercibidas, sobre todo en agricultura tradicional.

Los fitoparásitos pueden ser cosmopolitas y tener un amplio rango de hospederos, destacándose entre ellos el género *Meloidogyne*. Otros tienen un estrecho rango de hospederos y son en algunos casos muy específicos como el género *Ditylenchus*. Todos los parásitos presentan estilete, el cual es usado para alimentarse mediante su penetración a través de la pared celular, para luego tomar el citoplasma de la planta y llevarlo al sistema digestivo del nematodo. Muchos se alimentan principalmente del tejido radicular; otras especies se alimentan del follaje y unas pocas especies de ambos tejidos en la planta. Estos microorganismos son de significancia en patogénesis, de tres maneras: como patógenos directos, como factores predisponentes y pueden también ser vectores de virus, carácter muy específico del género *Dorylaimida*.

Por sus hábitos, se conocen cuatro grandes grupos: **Ectoparásitos**, **Endoparásitos migratorios**, **Semi-endoparásitos** y **Endoparásitos sedentarios**, característica importante y a considerar, en la generación de alternativas para su control y en la definición de las épocas oportunas para aplicar un determinado método. Los factores que afectan la distribución local de una especie son:

## 1. Suelo

### A. Bióticos (Predación, parasitismo, interacciones competitivas.)

- Bacterias, hongos, nematodos
- Amebas, esporozoos
- Insectos, ácaros, virus fertilidad, CIC
- Otros microorganismos.

### B. Abióticos

- Textura, estructura
- Humedad, temperatura
- pH, materia orgánica,
- Otros factores

## 2. Prácticas agrícolas

- Sistemas de cultivo
- Control de insectos, malezas
- Prácticas de preparación de suelo
- Aplicación de nematicidas

Tradicionalmente se vienen recomendando como medidas de control, el empleo de nematicidas, pero aun cuando éstos reducen las poblaciones, sus aplicaciones continuas resultan antieconómicas y conllevan a mayores daños por contaminación, toxicidad y reducción o simplificación de la microflora del suelo en favor de los fitopatógenos. Las prácticas culturales no son aplicables una vez que el nemátodo ha invadido el sistema radical del cultivo; el control genético es una alternativa a largo plazo y no siempre ofrece una solución definitiva, debido a la continua evolución de las especies y razas de estos parásitos. Ante tales limitaciones y dimensiones del problema, surgen como alternativas de amplias posibilidades el desarrollo de métodos no convencionales y el empleo de microorganismos que en la naturaleza compiten con estos fitoparásitos, mecanismo identificado como control biológico.

## **GENERALIDADES SOBRE CONTROL BIOLÓGICO DE NEMATODOS**

Por definición el control biológico se considera como la acción de parásitos, predadores o patógenos para mantener otras poblaciones de organismos considerados plaga, a niveles por debajo de las que ocurrirían en su ausencia; por lo común más de un microorganismo interactúa con los nemátodos parásitos o saprófitos a nivel de la rizosfera, manteniéndose un balance dinámico entre tales poblaciones y que se manifiesta como predación o parasitismo directo de microorganismos sobre masas de huevos, estados juveniles o adultos de nematodos, causando su muerte y favoreciendo el establecimiento de otros saprófitos.

En casos particulares, masas de huevos, hembras sedentarias o quistes, pueden ser directamente invadidos por patógenos o algunos organismos oportunistas que extraen sus nutrientes de los compuestos mucilaginosos presentes en el cuerpo directamente invadido o indirectamente invadido por acción de toxinas o metabolitos difusibles producidos por uno o varios organismos sobre diversos estados de crecimiento del nematodo. Estas toxinas

hacen frecuentemente más vulnerable al nematodo a la acción de otros organismos no virulentos, levemente patogénicos o básicamente saprofiticos en la naturaleza. Los antagonistas de nematodos son un grupo de organismos que presentan diversos hábitos alimenticios y algunos mecanismos novedosos de predación y parasitismo, que más adelante se resumen brevemente.

## UN BLANCO DIVERSO Y DIFÍCIL

Cuando se consideran las características de los nematodos fitoparásitos se aprecia que no son un blanco fácil para agentes de control biológico, pues aunque son acuáticos, han desarrollado estructuras protectoras y adaptaciones metabólicas que les permiten sobrevivir en medios difíles y competidos como el suelo. Su cuerpo está protegido por una lámina múltiple y una cutícula proteínica que funcionan como esqueleto flexible y barrera a elementos indeseables del ambiente. La cutícula, permeable al agua y selectiva a ciertos iones y otros químicos, previene la entrada de otros, no siendo destruída fácilmente por agentes químicos o biológicos. Además poseen una capacidad superior de adaptación a factores adversos que la de ciertos parásitos y predadores, alta capacidad reproductiva, ciclos de vida cortos, siendo de pocas semanas en la mayoría de especies importantes; a esto se suma el hecho de ser una plaga con varios estados de desarrollo, constituyendo un blanco cambiante para los biocontroladores. Además existe un amplio rango de diversidad entre los fitoparásitos. Muchos factores, tales como tamaño, movilidad, grosor y grado de anillamiento de la cutícula pueden influenciar la susceptibilidad de nemátodos al parasitismo y predación por biocontroladores.

Este resumen examina de manera general las diversas categorías de potenciales biocontroladores de nematodos y algo de su papel en la reducción de poblaciones.

## HONGOS PREDADORES

Es el grupo más grande de los biocontroladores reportados. Aparentemente más de 100 especies de éstos parasitan y atrapan nematodos en suelos agrícolas. En grupo se subdivide en: a). Aquellos que tienen hifas en malla, adhesivas, que son buenos saprófitos y tienen rápido crecimiento. b). Aquellos que capturan por protuberancias, ramificaciones o anillos de constricción adhesivos, son más predadores y crecen lentamente. Estos géneros pueden producir además toxinas que paralizan o matan el nematodo antes de penetrar su cutícula.

Los resultados de control con estos hongos han sido controversiales, sin embargo ya existen en el mundo productos comerciales como el Royal 300, preparado a base de *Arthrobotrys robusta* para el control de *Ditylenchus myceliophagus* en champiñones, y Royal 350 a base de otro aislamiento de

*Arthrobotrys* para el control de *Meloidogyne* en tomate. Se afirma que tales productos, en algunas infestaciones, funcionan mejor como medida secundaria a la aplicación de un nematocida. La interacción de estos hongos con los nematodos es demasiado compleja y susceptible de alteraciones por el medio.

## NEMATODOS BIOCONTROLADORES

Aunque constituyen un grupo grande, su papel no es muy conocido. Muchos géneros de los grupos Monochida, Dorylaimida y Diplogasteroide son predadores. En general estos géneros obtienen su alimento por consumo de nematodos, hongos, algas y otra microfauna del suelo, sus limitaciones están en su no especificidad.

## ORGANISMOS PARASÍTICOS

**VIRUS Y RICKETTSIAS:** El conocimiento sobre enfermedades virales es limitado, debido a los métodos de recuperación, que impiden aislar los nematodos infectados por virus. Como vectores de virus si se ha avanzado, conociéndose que algunos virus se asocian con estilete y esófago de algunas especies de *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* y *Paratrichodorus*; sin embargo, no se ha reportado actividad patogénica de estos virus.

Las Rickettsias son microorganismos intracelulares que han sido reportadas en *Heterodera goettingiana*, *Globodera rostochiensis* y *H. glycine*, siendo transmitidos ováricamente entre generaciones, mas no en células espermáticas. Su papel en el control de nematodos es aun desconocido en muchos aspectos.

**BACTERIAS.** Estas han sido detectadas en nematodos, sin embargo, no se distingue entre las formas saprofitas y parásitas. La bacteria *Pasteuria penetrans* ha recibido la mayor atención en años recientes. Su afinidad procariótica y bacteriana fue establecida posteriormente y se adoptó en principio como nombre el de *Bacillus penetrans*, siendo renombrada por su similitud morfológica y taxonómica a *Pasteurina ramosa* como *P. penetrans*. Es tal vez, el parásito obligado más específico a nematodos, con un ciclo de vida bien adaptado para parasitar ciertos nematodos fitoparásitos. Presenta sincronismo marcado con el desarrollo y la fisiología de su hospedero el género *Meloidogyne*. Ejerce varios grados de control en invernadero y campo. Su habilidad para atacar especies plaga importantes, persistencia por largo tiempo en el suelo, resistencia a condiciones extremas de temperatura y desecación así como su compatibilidad con algunos pesticidas, son características ideales para candidatizarla como un biocontrolador exitoso.

**HONGOS.** Este grupo incluye una gama amplia de especies, las cuales se clasifican en cuatro grupos de acuerdo a su actividad específica de parasitismo.

Las esporas de algunos son adhesivas y permanecen latentes en el suelo hasta la presencia del nematodo; otras producen micelio y colonizan las raíces. Los grupos son:

**1. Parásitos de nematodos vermiformes.** Este grupo de endoparásitos varía en su acción parásita sobre estados juveniles de patógenos y saprófitos. Sus esporas se adhieren a la cutícula del nematodo antes de germinar e infectar el hospedero, tal es el caso del Chytridiomycete *Catenaria* sp., del Oomycete *Myzocyttium humicola* Barron and Percy, del Deuteromycete *Harposporium anguillulae* Zopf y del Basidiomycete *Nematoctonus* sp.. Estos microorganismos tienen limitado crecimiento micelial fuera del hospedero, posiblemente por sus requerimientos nutricionales. No se conoce su comportamiento en el suelo o su infectividad en ese medio. La dificultad para su multiplicación masiva y establecimiento en el suelo son las mayores dificultades de este grupo como biocontroladores exitosos.

**2. Parásitos de hembras sedentarias.** Dentro de este grupo se encuentran los parásitos obligados y no obligados. Los primeros son pocos y muy especializados, invadiendo las hembras en pocos días, desde el contacto.

*Catenaria auxillaris* (Kuhn) fue descrita sobre el nematodo quiste *Heterodera schachtii*. Buenos resultados al disminuir poblaciones de *H. avenae* a niveles no económicos se obtuvieron por la infección de hembras por *Nematophthora gynophyla*, siendo esta especie la más estudiada por su efectividad en invasión de los quistes; sin embargo, dada su naturaleza obligada, no se cultivan "in vitro".

Los no obligados aunque pocos, son más parásitos de huevos. *Verticillium chlamydosporium* se encontró sobre hembras de *H. avenae* antes de la producción de huevos. Este hongo ha sido reportado por su efectividad sobre *M. arenaria* y *M. incognita*. En ciertos casos se han reportado especies de *Fusarium oxysporum*, *Pythium* sp., *Chaetomium cochloides*, *Exophiala pisciphila* y *Phytophthora cinnamomi* parasitando huevos, hembras y quistes de *H. glycines*.

**3. Parásitos de huevos.** Fitopatógenos como *Fusarium* sp. son conocidos por infectar huevos de nematodos. Igualmente han sido reportadas especies de los géneros *Cephalosporium*, *Verticillium chlamydosporium*, *V. bulbosum*, *Mortierella nana*, *P. lilacinus*, *Acremonium bacillosporium* y *Helococon farinosum* como especies capaces de perforar y penetrar los huevos de diferentes nematodos fitoparásitos. Su acción comparada con otros parásitos es más visible en la reducción de población. Huevos de *Heterodera* y de aquellos que los depositan en masas gelatinosas son más vulnerables que los de parásitos migratorios.

*Paecilomyces lilacinus*, infectando huevos de *M. incognita*, fue descubierto en Perú, y cuando se inoculó en suelo que contenía nematodos, 70 a 90% de los huevos de este parásito y de *Globodera pallida* aparecieron infectados después de un mes. Aplicaciones del hongo en lotes de papa afectados por el nematodo infectaron un 86% de masas de huevos y el 55% de los huevos fueron destruidos. Aplicaciones de este biocontrolador y del entomopatógeno *Beauveria bassiana*, en cultivos de tomate y guayaba estimularon el crecimiento de la planta, redujeron la formación de agallas, redujeron también las tasas de eclosión de huevos y disminuyeron la población de nematodos en el suelo.

**4. Parásitos de huevos, hembras sedentarias y nematodos vermiformes.** Esta capacidad de infección no es muy común, aunque se considera la condición ideal de un parásito. Existen algunos trabajos que reportan el hallazgo de algunas especies aun en proceso de identificación y mayores estudios sobre su potencial como biocontroladores.

## ORGANISMOS CON METABOLITOS INHIBIDORES

Adicionalmente a la capacidad parasítica, algunos microorganismos pueden producir ciertos compuestos o metabolitos de carácter tóxico a nematodos, causando diferentes efectos sobre la plaga. Organismos que producen metabolitos similares a nematicidas han sido estudiados; vale la pena mencionar los siguientes:

**BACTERIA.** La mayoría de los productores de metabolitos tóxicos a nematodos pertenecen a este grupo. *Clostridium butyricum* es una bacteria conocida por producir una mezcla de ácidos fórmico, acético, propiónico y butírico los cuales son tóxicos para *Tylenchorhynchus martini*. Así mismo, *Desulfovibrio desulfuricans* ha sido identificada por producir cantidades suficientes de ácido sulfídrico el cual ejerce un control de nematodos en arroz de riego. Cepas de *Bacillus thuringiensis* producen una toxina no identificada activa contra *M. incognita* y *Aphelenchus*. Esta bacteria por su fácil manipulación, producción de compuestos son candidatos importantes.

**ACTINOMYCETES.** Algunos son conocidos por producir compuestos antibióticos y nematicidas. Lactones macrocíclicos, llamados "avermectinas" fueron aisladas de *Streptomyces avermitilis*, de comprobada actividad como nematicida. Formulaciones granuladas y líquidas han sido reportadas por su poder 10% más efectivo que el Oxamyl o Aldicarb para control de *M. incognita* en tomate. Debido a su insolubilidad en agua y a su rápida degradación en el suelo, deben continuarse las investigaciones.

**HONGO.** Muchas especies son conocidas por su capacidad para producir compuestos antibióticos, nematicidas y fungistáticos. *P. lilacinus*, *Penicillium*

*anatolicum*, *Gliocladium spp.*, *Trichocladium spp.*, *Trichurus spp.*, *Ulocladium botrytes*, *Dreschlera spp.*, han sido identificados por afectar la eclosión de huevos en nematodos. Sus efectos inhibitorios se manifiestan como alteraciones embriónicas, en la estructura de la cubierta del huevo y disminución de la eclosión atribuida a su actividad enzimática y difusión de metabolitos tóxicos.

## **ATRIBUTOS DE UN BUEN BIOCONTROLADOR**

Sin duda, existe una muy amplia lista de microorganismos capaces de reducir las poblaciones de nemátodos y otros aun por identificar; dentro de ellos algunos presentan características especiales, entre las cuales pueden destacarse las siguientes:

1. No ser patógenos a plantas, humanos u otros animales.
2. Tener una alta capacidad de reducción de la población de nematodos.
3. Alta capacidad de adaptación y tolerancia a cambios de ambiente y condiciones estructurales de suelo.
4. Ser biológicamente competitivo con otros parásitos y predadores nativos o introducidos.
5. Alta capacidad reproductiva y bajo consumo de energía.
6. Alta capacidad de persistencia y supervivencia del organismo o de sus estructuras infectivas.
7. Propágulos o unidades infectivas capaces de germinar y crecer rápidamente.
8. Capacidad de producción de metabolitos tóxicos u otros compuestos deleteros.
9. Capacidad para afectar diversos grupos y estados de desarrollo de la plaga.
10. Dispersión eficiente una vez aplicado.
11. Fácil de producir y multiplicar masivamente, para su producción comercial.
12. Poseer alta capacidad de almacenamiento y viabilidad del inóculo para su distribución y producción.
13. Amplia capacidad de acción que afecte otros patógenos diferentes a nematodos.
14. Compatible en su aplicación con otros productos y prácticas agrícolas.
15. Poseer cierta estabilidad genética que asegure su efectividad en el tiempo.
16. Debe contribuir a mejorar la producción.

## **CONCLUSIONES**

Aunque existe un potencial significativo en este campo, para determinar la aplicabilidad del control biológico de nematodos, se requiere de más investigación. Por otra parte, su aceptación es difícil debido a que sus resultados no son tan espectaculares comparados con los obtenidos con nematicidas. Es importante reconocer que la supresión de las poblaciones de nematodos por métodos biológicos es un proceso lento y a largo plazo, razón por la que se debe considerar como una alternativa complementaria en el desarrollo de programas de manejo integrado de nematodos. En cuanto a la selección de los potenciales biocontroladores, se debe considerar que las especies promisorias han coevolucionado con los nematodos fitoparásitos en

las mismas zonas agrícolas, lugares que deben privilegiarse en la búsqueda y selección.

## **BIBLIOGRAFIA**

**Alexander, M.** Introduction to soil microbiology. 2nd. Ed., John Wiley & Sons, New York, 1977

**Christie, J.R.** Biological control-predaceous nematodes, in Nematology, Fundamentals and Recent advances with Emphasis on plant Parasitic and soil forms, Sasser, J.N. and Jenkins, W.R., Eds., University of North Carolina Press. Chapel Hill, 1960.

**Ferraz, S. y Dos Santos, M. A.** Controle biologico de fitonematoides por fungos endoparasitos e parasitos de ovos. En Mini curso: "Controle biologico de nematoides fitoparasitas e controlo de insectos com nematoides". Gramado, Rs- Brasil. 1994.

**Jatala, P.** Biological control of plant-parasitic nematodes. Ann. Rev. Phytopathol., 24:453-489. 1986.

**Moore J., Elizabeth.** Fundamentals of the fungi. 2nd. Ed. 1982.

**Mukerji, L.G. y Garg, K.L.** Biocontrol of plant diseases. Vol. I. 1988.

**Sayre, R.M.** Pathogens for biological control of nematodes. USDA - ARS. Nematology Laboratory. Beltsville, MD 20705 USA, 1986.

**Stirling, G.R.** Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects. Wallingford, UK, C.A.B. International, 1991. 282p.