

PRINCIPALES NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y SÍNTOMAS OCASIONADOS EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

*Óscar Adrián Guzmán Piedrahita**, *Jairo Castaño Zapata***, *Bernardo Villegas Estrada****

* M.Sc., Profesor Auxiliar, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: oscar.guzman@ucaldas.edu.co

** Ph.D., Profesor Titular, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: jairo.castanoz@ucaldas.edu.co

*** M.Sc. Profesor Asistente, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: bernardo.villegas@ucaldas.edu.co

Recibido: 10 de mayo; aprobado: 4 de junio de 2011

RESUMEN

Se conocen 4.105 especies de nematodos fitoparásitos, las cuales causan pérdidas anuales entre 11 y 14%, equivalentes a US\$80 billones.año¹. Aunque sobreviven en casi todos los hábitats, son esencialmente acuáticos. La mayoría de los nematodos son microscópicos y miden entre 300 y 1.000 µm de largo y 15 a 35 µm de ancho; su tamaño los hace invisibles a simple vista, pero pueden ser fácilmente observados con la ayuda de un microscopio o estereoscopio. Los nematodos fitoparásitos, según el género, tienen en la región anterior (cabeza) un estilete hueco (estomatoestilete u odontoestilete) también llamado “lanza”, pero hay algunos con estilete sólido modificado (onquioestilete). El estilete es usado para penetrar las células de las plantas y a través de él extraer los nutrientes, causando enfermedades en diferentes cultivos, las cuales se categorizan principalmente de acuerdo al hábitat parasítico y a la sintomatología en el sistema radical y tejidos aéreos. Los nematodos que parasitan el sistema radical, se dividen en ectoparásitos, endoparásitos sedentarios y semi-endoparásitos; y los que afectan los tejidos aéreos, en ectoparásitos y endoparásitos. Los síntomas pueden variar de acuerdo con el hábitat parasítico del nematodo, la relación parásito-hospedante y otros factores tales como la edad de la planta y sus condiciones fisiológicas. Las infecciones causadas por nematodos fitoparásitos pueden resultar en la aparición de síntomas en raíces y tejidos aéreos de las plantas. Debido a que los síntomas en raíces están frecuentemente acompañados por síntomas no característicos, en los tejidos aéreos de las plantas, es necesario examinar las raíces y otros tejidos de la planta para establecer una conexión entre los síntomas del daño y los fitonematodos.

Palabras clave: fitonematodos, daños, raíces, hojas, cultivos.

ABSTRACT

MAIN PLANT-PARASITIC NEMATODES AND SYMPTOMS CAUSED IN ECONOMICALLY IMPORTANT CROPS

There are 4,105 plant parasitic nematodes, which cause annual losses between 11 and 14%, equivalent to US\$80 billions.year¹. Although they can survive in almost all environments, they are essentially aquatic. Most of them are microscopic and measure between 300 and 1,000 µm large and 15 to 35 µm wide; their size makes them invisible at glance, but they can be easily seen through the microscope or a stereoscope. According to the genus, the plant-parasitic nematodes, have a hollow stylet (stomatostylet or odontostylet) in the head also called “lance”, but there are some with a modified solid stylet (onquiostylet). The stylet is used to penetrate the plants' cells and through it to extract the nutrients, causing diseases in diverse crops, which are mainly categorized according to the parasitic habit and the symptomatology in the radical system and aerial tissues. The nematodes that attack the radical system are divided into ectoparasites, sedentary endoparasites and semi-endoparasites; and those that affect the aerial tissues, into ectoparasites and endoparasites. The symptoms may vary according to the parasitic habit of the nematode, the relation parasite-host and other factors such as age of the plant and its physiological conditions. The infections caused by plant parasitic nematodes may result in appearance of symptoms in roots and aerial tissues of the plants. Because the symptoms in roots are frequently accompanied with not characteristic symptoms in the aerial tissues, it is necessary to examine the roots and tissues of the plant to establish the relation between the symptoms of the damage and the nematodes.

Key words: plant-parasitic nematodes, damages, roots, leaves, crops.

INTRODUCCIÓN

La palabra nematodo, proviene de los vocablos griegos *nema* que significa “hilo” y *eidés* u *oidos*, que significan “con aspecto de”, siendo definidos como animales filiformes con cuerpo sin segmentos y más o menos transparentes, cubiertos de una cutícula hialina, la cual está marcada por estrías o otras marcas; son redondeados en sección transversal, con boca, sin extremidades u otros apéndices, muchos son parecidos a lombrices o con forma de anguila (Figura 1a-b).

Las hembras de algunas especies cuando llegan al estado adulto son abultadas con forma de pera o esfera (Figura 1c) (Siddiqi, 2000; Agrios, 2005; Perry & Moens, 2006).

Los nematodos son tanto de vida libre como parásitos. Se conocen 26.646 especies de nematodos, distribuidas entre especies de vida libre (10.681); parásitos de invertebrados (3.501), de vertebrados (8.359) y de plantas (4.105) (Hugot *et al.*, 2001).

Por su naturaleza, los nematodos fitoparásitos son patógenos, pero sus interacciones con otros agentes causantes de enfermedades dificultan medir su verdadero impacto en el rendimiento de los cultivos y su estimativo a gran escala (Sasser & Freckman, 1987).

En general, los nematodos fitoparásitos causan pérdidas anuales entre 11 y 14% en cultivos de importancia económica como leguminosas, granos, banano, yuca, coco, remolacha azucarera, caña de azúcar, papa, hortalizas y varios frutales, equivalentes a US\$80 billones.año¹ (Sasser & Freckman, 1987; Agrios, 2005).

MORFOLOGÍA

Aunque los nematodos sobreviven en casi todos los hábitats, son esencialmente acuáticos. La mayoría de ellos son microscópicos y miden entre 300 y 1000 μm de largo y entre 15 y 35 μm de ancho;

su tamaño los hace invisibles a simple vista, pero pueden ser fácilmente observados con la ayuda de un microscopio o estereoscopio (Figura 1 a-c) (Luc *et al.*, 2005; Perry & Moens, 2006).

Los nematodos fitoparásitos, según el género, tienen en la región anterior (cabeza) un estilete hueco (estomatoestilete u odontoestilete) también llamado “lanza”, pero hay algunos con estilete sólido modificado (onquioestilete) (Figura 1d-f). El estilete es usado para perforar o penetrar las células de las plantas y a través de él extraer los nutrientes, causando enfermedades en diferentes cultivos (Maggenti *et al.*, 1987; Mai *et al.*, 1996; Luc *et al.*, 2005; Perry & Moens, 2006).

DAÑOS CAUSADOS POR LOS NEMATODOS FITOPARÁSITOS

Según Agrios (2005), el daño mecánico directo causado por los nematodos mientras se alimentan es muy leve. La mayoría de daños parece ser causados por la secreción de saliva introducida en los tejidos de las plantas durante el proceso de alimentación. Ellos perforan la pared celular, introducen saliva dentro del citoplasma, extraen parte del contenido celular, y se movilizan en unos pocos segundos.

El proceso de alimentación causa una reacción en la células de las plantas afectadas, resultando en la muerte o debilitamiento de los extremos de las raíces y yemas, formación de lesiones y rompimiento de tejidos, abultamientos y agallas, arrugamiento y deformación en tallos y hojas. Algunas de estas manifestaciones son causadas por la descomposición del tejido afectado por las enzimas del nematodo, la cual, con o sin la ayuda de metabolitos tóxicos, causa desintegración del tejido y muerte de las células (Agrios, 2005; Luc *et al.*, 2005; Perry & Moens, 2006; Castillo & Vovlas, 2007). Otros síntomas son causados por alargamiento anormal de la célula (hipertrofia), por supresión de la división celular, o por la estimulación de proceso de división celular de una manera controlada y que resulta en la formación de agallas (hiperplasia) o de

un gran número de raíces laterales en o cerca de los sitios de infección (De Waele & Davide, 1998; Agrios, 2005; Perry *et al.*, 2009).

En algunos casos, sin embargo, los síntomas son ocasionados por las interacciones bioquímicas de

las plantas con los nematodos afectando la fisiología general de estas, así como el papel que desempeñan los nematodos en realizar heridas para la penetración de otros patógenos, que son los principales responsables del daño a las plantas (Agrios, 2005).

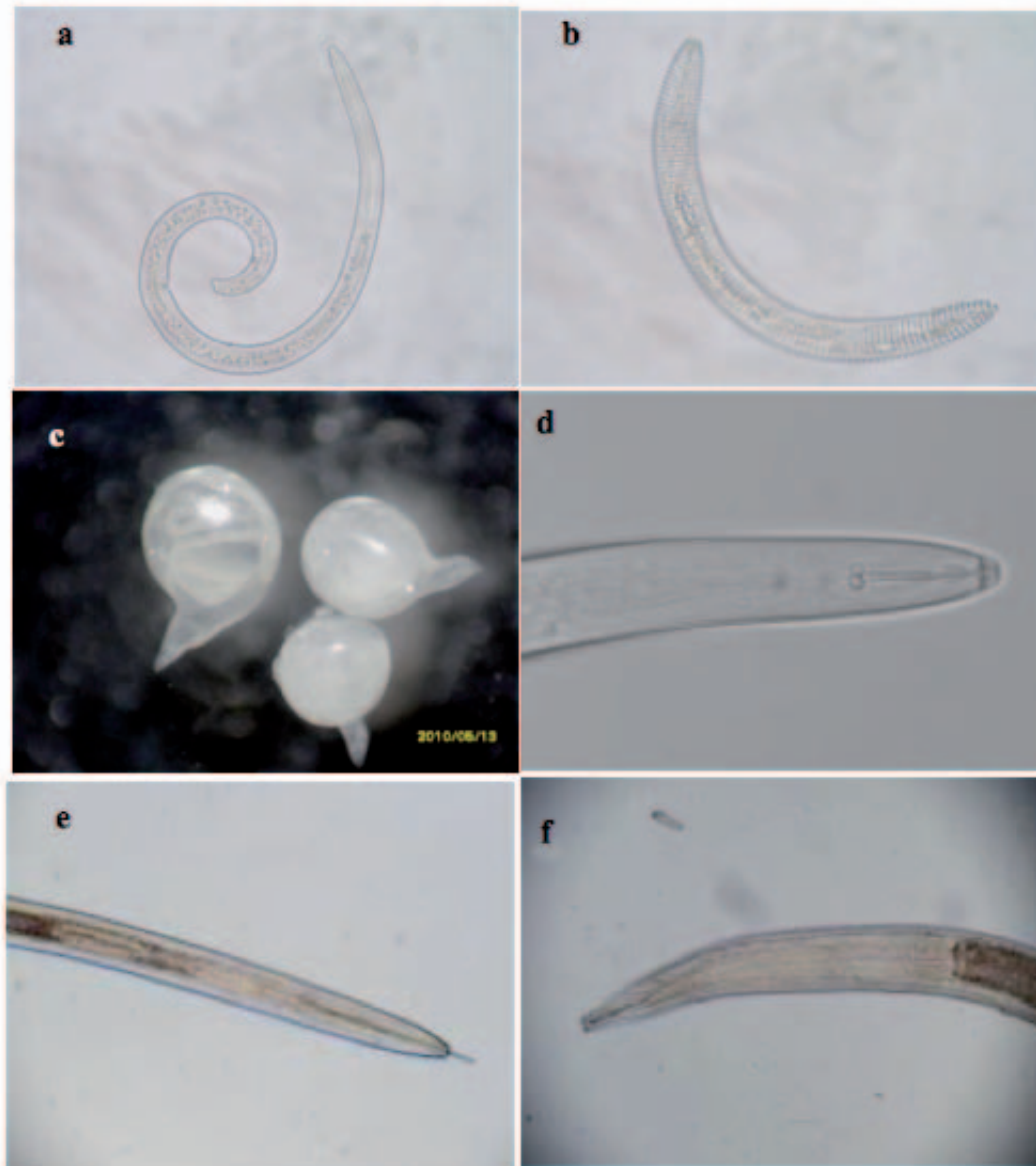


Figura 1. Cuerpo completo de tres géneros de nematodos fitoparásitos. **a.** *Helicotylenchus*, **b.** *Criconemoides*, **c.** *Meloidogyne*, **d.** Estomatoestilete de *Helicotylenchus*, **e.** Odontostilete de *Xiphinema*, y **f.** Onchioestilete de *Trichodorus*. Fotografías: Autores.

CONCEPTOS DE ENFERMEDAD Y PARASITISMO DE LOS NEMATODOS

Las enfermedades de las plantas son ocasionadas por microorganismos infecciosos o bióticos como hongos, bacterias, nematodos y protozoarios flagelados, y por agentes infecciosos como virus y viroides; así mismo, por factores no infecciosos o abióticos como alteraciones edafo-climáticas y toxicidad por plaguicidas o nutrientes, entre otros (Agrios, 2005).

Enfermedad, es el resultado de la interacción dinámica entre un patógeno virulento, un hospedante susceptible y un medio ambiente favorable, la cual, causa en los hospedantes cambios anormales de tipo fisiológico y morfológico. También, enfermedad puede considerarse como las respuestas visibles e invisibles de las células y tejidos de las plantas a un agente infeccioso o factor no infeccioso, que resulta en cambios adversos en la forma, función o integridad de la planta interfiriendo con la formación, traslocación, o utilización de nutrientes minerales y agua, de tal manera que la planta afectada cambia en apariencia y rinde menos que una planta sana de la misma variedad (Merrill, 1977; Agrios, 2005). Así mismo, cuando las plantas presentan un deterioro continuo por un patógeno o parásito se origina la enfermedad; si el patógeno muere, la planta puede recuperarse (Hague, s.f.; Manzanilla-López *et al.*, 2004).

La nematología ha empleado los términos y conceptos desarrollados en fitopatología para describir el papel que desempeñan los nematodos fitoparásitos en el desarrollo de enfermedades en plantas. El centro de discusión para considerar a los nematodos como organismos causantes de enfermedades se encuentra en la definición de parásito, parasitismo y patógeno (Bos & Parlevliet, 1995; Manzanilla-López *et al.*, 2004), por lo cual es importante conocer una definición precisa de estos conceptos.

Para Ulloa & Hanlin (2000), la palabra parásito se deriva de los vocablos griegos “*pará*” juntos y “*sitos*”

alimento, el cual se alimenta cerca de otro, es decir, un organismo, sea planta, animal (nematodo) u hongo que deriva su alimento de otro organismo vivo, si invade y causa enfermedad, es considerado un patógeno. De acuerdo con la Real Academia Española (2011), parásito es un organismo animal o vegetal que vive a expensas de otro de distinta especie, alimentándose de él y deteriorándolo sin llegar a matarlo. Otros se refieren a parásito como un organismo o agente (el parásito) dentro o sobre otro organismo (el hospedante) desde el cual obtiene su alimento u otros requerimientos, usualmente para detrimento del hospedante, lo cual está estrechamente relacionado con las anteriores definiciones (Gove, 1976; Williams & Bridge, 1985; Agrios, 2005; Perry & Moens, 2006).

Parasitismo, es un término usado ampliamente en entomología, nematología y fitopatología, pero su interpretación varía (Manzanilla-López *et al.*, 2004). En el lenguaje común, parasitismo está asociado con un socio, el parásito, viviendo a expensas del otro (Bos & Parlevliet, 1995). Es por esto que la privación de alimento domina en la mayoría de definiciones; parasitismo en este sentido, es la “dependencia nutricional parcial o total de un organismo sobre el tejido de otro organismo vivo” (Caveness, 1964; Bos & Parlevliet, 1995). Para Bateman (1978), parasitismo es la relación o asociación entre organismos vivos, usualmente pertenecientes a diferentes especies, en el que una parte (el parásito) se beneficia del otro (el hospedante). Los parásitos bien adaptados no matan a su hospedante mientras otros sí lo hacen (Pitcher, 1965).

La palabra patógeno proviene del vocablo griego “*pathos*” que significa emoción, pasión o sufrimiento. Sin embargo, su naturaleza no discrimina entre bueno o malo, normal o anormal, sano o enfermo; el concepto de si es bueno o malo es una expresión creada por el ser humano (Bos & Parlevliet, 1995).

El término patógeno está frecuentemente asociado con la inoculación de toxinas u otras sustancias

químicas o compuestos que inducen una reacción perjudicial para el hospedante, la cual con el tiempo desarrolla síntomas, patogénesis y enfermedad (todas las cuales pueden ocurrir en infecciones ocasionadas por nematodos). Los patógenos usualmente causan enfermedad, pero los parásitos pueden o no causarla; si ello ocurre, entonces también son considerados patógenos. Los nematodos que se alimentan sobre plantas, en común con otros agentes causantes de enfermedades, son frecuentemente considerados patógenos capaces de producir una enfermedad reconocible. Frecuentemente, tal concepto es válido, pero los nematodos pueden también permitir el ingreso y establecimiento de hongos, bacterias y virus fitopatógenos, especialmente cuando su hábitat es el suelo (Pitcher, 1965).

El inicio del establecimiento de la relación hospedante-parásito —ejemplo, la agresión por el parásito—, es llamado “ataque”, el cual implica invasión y colonización del hospedante. El hecho de atacar o el estado de ser atacado es una consecuencia de agresividad de los organismos parásitos o fitófagos y de la susceptibilidad del hospedante o víctima, y no necesariamente resulta en enfermedad. La relación hospedante-parásito puede ser más caracterizada por el ataque; ejemplo, la presencia física visible del parásito, más que la enfermedad resultante (Manzanilla-López *et al.*, 2004). Shaner *et al.* (1992), consideran que muchos nematodos son primariamente parásitos y secundariamente patogénicos. De hecho, con base en lo anterior, los nematodos fitoparásitos son considerados como tales por tener una naturaleza dual, es decir, fitoparásitos y fitopatógenos.

CLASIFICACIÓN DE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR NEMATODOS

Las enfermedades de plantas pueden ser clasificadas de acuerdo con el tipo de agente causante, el tejido infectado, las características epidémicas, la reacción de resistencia, etc.; categorías que reflejan las

perspectivas de la enfermedad. En el caso de los nematodos parásitos de plantas, las enfermedades han sido categorizadas principalmente de acuerdo con el hábitat parasítico y la sintomatología en el sistema radical y en el tejido aéreo.

Aunque los nematodos fitoparásitos pueden atacar raíces, tallos, troncos, yemas, hojas, flores y semillas, el tejido atacado varía de acuerdo con la especie de fitonemato y el hospedante (Sasser, 1989). De acuerdo a investigadores como Thorne (1961), Guiran (1983), Hague (s.f.), Mai *et al.* (1996), Volcy (1997), Siddiqi (2000), Manzanilla-López *et al.* (2004), Luc *et al.* (2005), Perry & Moens (2006) y Perry *et al.* (2009), las estrategias evolutivas desarrolladas por los nematodos permitieron abarcar un hábitat migratorio amplio, el cual varía desde ectoparásitos hasta endoparásitos; propiedades de gran utilidad en el diagnóstico, porque los síntomas asociados al tipo de hábitat pueden ser usados como una guía general para reducir la lista de agentes potenciales de enfermedades causadas por nematodos, tal como se describe a continuación:

Nematodos fitoparásitos del sistema radical

- **Ectoparásitos.** Son los nematodos que se alimentan sin penetrar a las raíces. En general, los ectoparásitos son de mayor tamaño y con estiletes más largos que los endoparásitos con el fin de penetrar el tejido de las raíces. Estos nematodos se dividen en ectoparásitos migratorios y sedentarios.

Los **ectoparásitos migratorios**, se caracterizan por: a) tener un estilete generalmente largo, b) alimentarse manteniendo el cuerpo fuera del tejido, c) poner los huevos individualmente en el suelo o en la rizósfera, d) alimentarse de células corticales, e) establecer relaciones parasíticas especializadas en algunos casos, y f) todos sus estados de desarrollo son parasíticos; como ejemplos de este grupo, están los géneros: *Hemicriconemoides*, *Longidorus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Belonolaimus*, *Criconemella*, *Xiphinema*, *Paratylenchus*, entre otros.

Los **ectoparásitos sedentarios**, se caracterizan por: a) tener un cuerpo generalmente grueso y en forma de salchicha, b) alimentarse por largo tiempo de una célula, c) poner los huevos dispersos en el suelo, y d) como los ectoparásitos migratorios, todos sus estados de desarrollo son parasíticos. Como ejemplos representativos, están los géneros *Criconemella* y *Criconema*.

Otra clasificación de los **nematodos ectoparásitos** se basa en el tamaño del estilete y se conocen como: **ectoparásitos con estilete corto**, los cuales se alimentan principalmente sobre la epidermis, células corticales y pelos absorbentes de las raíces, tales como: *Tylenchorhinus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus* y algunas especies de *Helicotylenchus*; y **ectoparásitos con estilete largo**, el cual puede ser introducido profundamente dentro del tejido de las raíces, principalmente en los ápices, llegando algunos nematodos a quedar inmóviles por largos períodos de tiempo. Como ejemplos representativos de este grupo están los géneros: *Belonolaimus*, *Cacopaurus*, *Criconema*, *Criconemella*, *Dolichodorus*, *Hemicriconemoides*, *Hemicycliophora*, *Longidorus*, *Paralongidorus*, *Paratylenchus* y *Xiphinema*.

- **Endoparásitos.** Son los nematodos que penetran completamente dentro de las raíces; por consiguiente, se alimentan, se desarrollan y ponen los huevos en su interior o adheridos a ellas. Estos nematodos se dividen en endoparásitos sedentarios y migratorios.

Los **endoparásitos sedentarios**, se caracterizan por tener un estilete pequeño y delicado; las hembras inmaduras y juveniles entran al tejido de la planta donde desarrollan un sitio de alimentación fijo e inducen la formación de un sofisticado sistema trófico de células de abrigo (cuidar, criar) llamado sincitia (células gigantes), se tornan inmóviles, adquieren una forma abultada para formar y depositar los huevos. Los machos carecen de aparato digestivo funcional. Como ejemplos representativos de este grupo, están: *Globodera*, *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Nacobbus*, *Punctodera* y *Cactodera*.

Los **endoparásitos migratorios**, retienen su movilidad y no están fijos en un sitio de alimentación dentro de los tejidos de la planta. Se alojan y migran

a través de los tejidos, no forman células modificadas de alimentación, ni saco de huevos, y todos sus estados de desarrollo son parasíticos. Ejemplos representativos de este grupo son: *Hirschmanniella*, *Radopholus* y *Pratylenchus*.

- **Semi-endoparásitos.** En este caso, solamente la parte anterior del nematodo penetra las raíces y la parte posterior permanece en contacto con el suelo. Aunque algunas formas pueden penetrar parcialmente las raíces con la parte anterior de su cuerpo, la parte posterior de las hembras se proyecta desde las raíces y llega a adquirir forma abultada. Los juveniles o hembras inmaduras raramente penetran las raíces del hospedante completamente. En general, el tamaño de los nematodos y la longitud del estilete son intermedios comparados con los endoparásitos y ectoparásitos. Estos nematodos se dividen en semi-endoparásitos sedentarios y semi-endoparásitos migratorios.

En los **semi-endoparásitos sedentarios**, las hembras se alimentan con el cuerpo parcialmente embebido en las raíces, son de forma irregularmente abultada, poseen un saco de huevos y se alimentan de células modificadas. Ejemplos representativos son: *Tylenchulus semipenetrans*, *Rotylenchulus reniformis* y los géneros *Sphaeronema* y *Tylenchulus*.

En los **semi-endoparásitos migratorios**, las hembras introducen parte de su cuerpo en el tejido, conservan su aspecto vermiforme, depositan los huevos libremente en el suelo, se alimentan de células no modificadas, y todos sus estados de desarrollo son parasíticos. Algunos nematodos se comportan como ecto-endoparásitos facultativos, como *Hoplolaimus* y *Helicotylenchus*.

Nematodos fitoparásitos de tejidos aéreos

- **Ectoparásitos.** Estos permanecen sobre la superficie de los tejidos del hospedante y se

alimentan mediante la inserción del estilete dentro de las células. Estos nematodos se alimentan principalmente sobre la epidermis de las células de hojas jóvenes, tallos y primordios florales. La mayoría de estos nematodos se puede encontrar atacando el follaje, como *Anguina*, *Aphelenchoides* y *Ditylenchus*.

- **Endoparásitos migratorios.** Estos nematodos pueden penetrar completamente el tejido de la planta, se mueven libremente a través de los tejidos de tallos, hojas, primordios florales o semillas. Se conservan vermiformes cuando se mueven y alimentan a través de los tejidos. Frecuentemente migran entre el suelo y las raíces y tienen un estilete moderadamente fuerte. Ejemplos típicos de este grupo son *Aphelenchoides*, *Bursaphelenchus* y *Ditylenchus*.

PRINCIPALES SÍNTOMAS CAUSADOS POR NEMATODOS FITOPARÁSITOS

Los síntomas pueden variar de acuerdo con el hábitat parasítico del nematodo, la relación parásito-hospedante y otros factores tales como la edad de la planta y sus condiciones fisiológicas (Manzanilla-López *et al.*, 2004). Las infecciones causadas por nematodos fitoparásitos pueden resultar en la aparición de síntomas en raíces y tejidos aéreos de las plantas (Guirán, 1983; Hague, s.f.; Sasser, 1989; Agrios, 2005).

Debido a que los síntomas en raíces están frecuentemente acompañados por síntomas no característicos en los tejidos aéreos de las plantas, es necesario examinar las raíces y otros tejidos de la planta para establecer una conexión entre los síntomas del daño y los fitonematodos. Para estar seguros de la asociación, los nematodos tienen que ser extraídos de las raíces u otros órganos y del suelo, para ser cuantificados e identificados en el estereoscopio y microscopio, respectivamente (Southey, 1986; Schurtleff & Averre, 2000).

Síntomas primarios ocasionados por nematodos que atacan el sistema radical

Los síntomas ocasionados por los nematodos fitoparásitos, generalmente no pueden ser distinguidos de los ocasionados por otros organismos habitantes del suelo como hongos, bacterias, protozoarios, insectos, etc., o los ocasionados por condiciones ambientales adversas. Generalmente, los daños causados por los fitonematodos en las raíces son reflejados en los tejidos aéreos como crecimiento deficiente de tallos, clorosis de hojas y aun muerte de plantas, etc.; debido a una reducida absorción de agua y nutrientes por las raíces secundarias, lo cual influye en el potencial de agua en las hojas, conductividad estomatal, transpiración y conductividad. Especies como *Heterodera avenae*, *Tylenchorhinchus dubius* y *H. trifolii* son ejemplos representativos de este fenómeno (Seinhorst, 1981).

De acuerdo con Hague (s.f.), Thorne (1961), Sasser (1989), Villota & Varón (1997), Volcy (1997), Manzanilla-López *et al.* (2004), Agrios (2005), Luc *et al.* (2005), Perry & Moens (2006), Guzmán-Piedrahita *et al.* (2009) y Perry *et al.* (2009), los síntomas más importantes causados por nematodos fitoparásitos que atacan el sistema radical son:

- Menor cantidad y longitud de raíces, especialmente las raíces secundarias de alimentación como en pitaya (*Selenicereus megalanthus*) atacada por *Helicotylenchus dihystera* (Figura 2a).
- Desarrollo anormal de raíces:
 - Excesiva ramificación de raíces secundarias como en plátano Dominic Hartón (*Musa AAB*) atacado por *Radopholus similis* (Figura 2b).
 - Nudos o agallas como en melón (*Cucumis melo*) afectado por *Meloidogyne* spp. (Figura 2b_{1,2}).
 - Lesiones necróticas longitudinales externas como en plátano atacado por *R. similis* (Figura 2d).
 - Lesiones internas de color rosado a rojizas, como en plátano atacado por *R. similis* (Figura 2e).

- Raíces abultadas (inflamadas) y redondeadas como en café (*Coffea arabica*) afectado por *Meloidogyne* spp. (Figura 2f).
- Raíces con acumulación anormal de partículas de suelo y residuos de raíces como en guayabo (*Psidium guajava*) afectado por *Meloidogyne* spp. (Figura 2g).
- Supresión del crecimiento de raíces como *Meloidogyne* spp., atacando tomate (*Solanum lycopersicum*) (Figura 2h₁) y café (Figura 2h₂).
- Formación de quistes de color blanco, amarillo o castaño oscuro, como en soya (*Glycine max*) atacada por *Heterodera glycines* (Figura 2i).
- Pudrición de raíces (Figura 2j₁) y cormos (Figura 2j₂) de plátano afectados por *R. similis*.
- Formación de costras o verrugas en raíces de guayabo atacadas por *Meloidogyne* spp. (Figura 2k).
- Agrietamiento (Figura 2l₁) y encrespamiento (Figura 2l₂) de las raíces como en pitaya afectada por *H. dibyastera*.
- Raíces de color violeta como en plátano atacado por *Helicotylenchus* spp. (Figura 2m_{1,2}).
- Hiperplasia de raíces como en tomate afectado por *Meloidogyne* spp. (Figura 2n_{1,2}).

Síntomas secundarios de nematodos que atacan el sistema radical

Los síntomas son similares a los causados por cualquier daño que interfiere con el soporte físico y la absorción de agua y nutrientes; resultando en varios síntomas de deficiencia de acuerdo con las características químicas y físicas del suelo, disponibilidad de agua y nutrientes, la parte de la planta involucrada, la especie del hospedante y el nematodo mismo (Jenkins & Taylor, 1967). Situaciones que conducen a que se incrementen

el tiempo de siembra a floración, de floración a cosecha, entre floraciones y entre cosechas, además de reducirse la longevidad de las plantas. También se presenta reducción del tamaño de las plantas, número de hojas, rendimiento y vida productiva del cultivo (Williams & Bridge, 1985; Sarah *et al.*, 1996; Araya, 2003; Gowen *et al.*, 2005).

Los síntomas son usualmente más pronunciados si las plantas están ya afectadas por condiciones de crecimiento adversas o están siendo atacadas por otros patógenos.

Cuando las plantas crecen en condiciones óptimas y son fuertemente atacadas por fitonematodos, pueden mostrar síntomas leves en la parte aérea. Bajo tales circunstancias, los nematodos se reproducen mejor y pueden representar una amenaza oculta y severa para los cultivos subsiguientes (Williams & Bridge, 1985; Sasser, 1989; Manzanilla-López *et al.*, 2004; Agrios, 2005).

Así mismo, de acuerdo con Thorne (1961), Pitcher (1965), Ayoub (1980), Sarah *et al.* (1996), Castaño & Salazar (1987), Montiel *et al.* (1997), Guzmán-Piedrahita & Castaño-Zapata (2004), Agrios (2005), Gowen *et al.* (2005) y Guzmán-Piedrahita & Castaño-Zapata (2010), los síntomas secundarios en la parte aérea de las plantas ocasionados por nematodos que atacan el sistema radical son:

- Reducción del crecimiento (enanismo), como en plátano (Figura 3a₁ izquierda: enferma, derecha: sana) y guayabo (Figura 3a₂ izquierda: sana, derecha: enferma) atacados por *R. similis* y *Meloidogyne* spp., respectivamente.
- Amarillamiento del follaje (clorosis), similar a síntomas de deficiencias nutricionales, como ataques en melón por *Meloidogyne* spp. (Figura 3b₁), en pitaya por *H. dibyastera* (Figura 3b₂) y en piña (*Ananas comosus*) por *Pratylenchus* spp. (Figura 3b₃).



Figura 2. Síntomas primarios característicos causados por nematodos fitoparásitos en el sistema radical. Fotografías: Autores.

- Marchitamiento o flacidez de hojas como en tomate atacado por *Meloidogyne* spp. (Figura 3c₁) y pitaya afectada por *Meloidogyne* spp. (Figura 3c₂).
- Muerte prematura de plantas como en frijol (*Phaseolus vulgaris*) atacado por *Meloidogyne* spp. (Figura 3d).
- Disminución en el número de hojas y muerte progresiva de la planta, como en plátano atacado por *R. similis* (Figura 3e).
- Volcamiento (Figura 3f₁) y desraizamiento (Figura 3f₂) de plantas como en plátano afectado por *R. similis*.
- Reducción de la vida útil del cultivo (Figura 3g₁) y como consecuencia, disminución del rendimiento y calidad del producto cosechado, como en plátano atacado por *R. similis* (Figura 3g₂).



Figura 3. Síntomas secundarios en la parte aérea de las plantas ocasionados por nematodos que atacan el sistema radical. Fotografías: Autores.

Síntomas primarios ocasionados por nematodos que atacan tejidos aéreos

Los daños ocasionados por las especies de fitonematodos que infectan semillas, tallos, troncos y hojas son más específicos, ya que cada una de las enfermedades en la parte aérea es causada solamente por una especie de nematodo fitoparásito, por lo tanto, solamente una especie de nematodo se concentra en las partes afectadas. Esta situación contrasta con las infecciones en las raíces de una misma planta, en las cuales pueden estar involucrados varios géneros y especies (Sasser, 1989). El daño mecánico en los tejidos aéreos es ocasionado por el movimiento del nematodo a través de las células; algunos nematodos secretan pectinasas que disuelven la lámina media, generando necrosis de los tejidos (Williams & Bridge, 1985). Los principales síntomas

primarios ocasionados por nematodos que atacan tejidos aéreos son:

- Hojas con lesiones necróticas, con coloración intervenal y necrosis como en fresa afectada por *Aphelenchoides fragariae* (Figura 4a).
- Hojas con ápices de color blanco como en arroz atacado por *Aphelenchoides besseyi* (Figura 4b).
- Malformación de hojas y primordios foliares como en fresa afectada por *A. fragariae* (Figura 4c).
- Deformación de hojas, acompañada de amarillamiento y doblamiento como en cebolla de rama atacada por *Ditylenchus dipsaci* (Figura 4d).
- Muerte de plantas como en cebolla de rama afectada por *D. dipsaci* (Figura 4e).



Figura 4. Síntomas primarios ocasionados por nematodos que atacan tejidos aéreos. Fotografías: Autores, excepto la f.

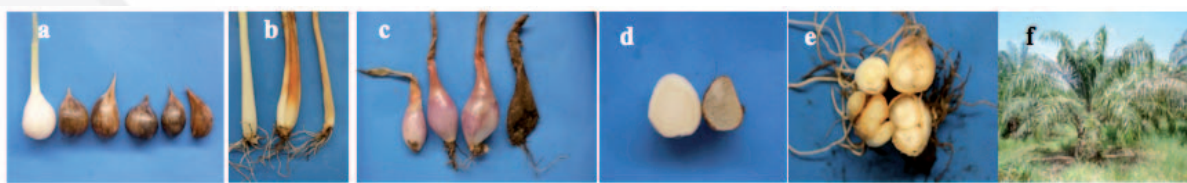


Figura 5. Síntomas secundarios ocasionados por nematodos que atacan tejidos aéreos. Fotografías: Autores, excepto la f.

- Necrosis de los haces vasculares formando anillos de color rojo como en palma de aceite (*Elaeis guineensis*) atacada por *Bursaphelenchus cocophilus* (Figura 4f).

- Malformación de tallos y hojas, como en ajo (Figura 4g₁) y cebolla (Figura 4g₂₋₄) atacados por *D. dipsaci*.

Síntomas secundarios ocasionados por nematodos que atacan tejidos aéreos

- Disminución del rendimiento como en ajo (Figura 5a₁₋₂) y cebolla de huevo (Figura 5a₃) atacados por *D. dipsaci*.

- Pudrición de la cosecha como en ajo (Figura 5b₁) y cebolla de rama (Figura 5b₂) atacados por *D. dipsaci*.

- Amarillamiento y muerte de hojas adultas (bajeras) como en palma de aceite afectada por *B. cocophilus* (Figura 5f).

Agradecimiento: Los autores del artículo agradecen a la ingeniera Rosa Cecilia Aldana de la Torre, Asistente de Investigación, Área de Entomología de CENIPALMA, por suministrar las figuras 4f y 5f.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, New York.
- Araya, M. 2003. Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el trópico americano. pp. 79-102. En: Rivas, G. & Rosales, F. (eds.). Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos. INIBAP, Francia.
- Ayoub, S.M. 1980. Plant Nematology. An agricultural training aid. NemaAid Publication, Sacramento, CA.
- Bateman, D.F. 1978. The dynamic nature of disease. See Ref. 39(3):53-58.
- Bos, L. & Parlevliet, J.E. 1995. Concepts and terminology on plant/pest relationships: toward consensus in plant pathology and crop protection. Annual Review of Phytopathology. 33:69-102.
- Castaño, O. & Salazar, H. 1987. Reconocimiento de problemas fitosanitarios de la pitaya en Colombia. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Castillo, P. & Vovlas, N. 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. Brill leiden, Boston.
- Caviness, F. 1964. A glossary of nematological terms. Ibadan, Nigeria.
- De Waele, D. & Davide, R. 1998. Nematodos noduladores de las raíces del banano, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949 y *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. En: Plagas de Musa. Hoja divulgativa No. 3.
- Gove, P.B. (ed.). 1976. Webster's Third New international Dictionary of the English Language, Unabridged. Springfield, MA, USA.
- Gowen, S., Quénehervé, P. & Fogain, R. 2005. Cap. 16: Nematodes Parasites of Bananas and Plantains. pp. 611-643. In: Luc, M., Sikora, R.A. & Bridge, J. (eds.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. CABI Publishing.
- Guiran, G. 1983. Nematodes, les ennemis invisibles. La Littorale S.A., Béziers.
- Guzmán-Piedrahita, O.A. & Castaño-Zapata, J. 2004. Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos Dominico Hartón (*Musa AAB* Simmonds), Africa, FHIA-20 y FHIA-21 en la granja Montelindo, Municipio de Palestina (Caldas), Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 28(107):295-301.
- Guzmán-Piedrahita, O.A. & Castaño-Zapata, J. 2010. Identificación de nematodos fitoparásitos en guayabo (*Psidium guajava* L.), en el municipio de Manizales (Caldas), Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 34(130):117-125.
- Guzmán-Piedrahita, O., Castaño-Zapata, J. & Villegas-Estrada, B. 2009. Diagnóstico de enfermedades de plantas de origen biótico. Agronomía. 17(2):7-24.
- Hague, N.G. s.f. Nematodes, the unseen enemy. A guide to nematode damage. Du Pont.
- Hugot, J.P., Baujard, P. & Morand, S. 2001. Biodiversity on helminths and nematodes as a field of study: an overview. Nematology. 3:199-208.
- Jenkins, W.R. & Taylor, D.P. 1967. Plant nematology. Rheinhold Publishing Co., New York.
- Luc, M., Sikora, R.A. & Bridge, J. 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. CABI Publishing.
- Maggenti, A., Luc, M., Raski, D., Fortuner, R. & Geraert, E. 1987. A Reappraisal of Tylenchina (Nemata). 2. Classification of the suborder Tylenchina (Nemata: Diplogasteria). Revue Nematol. 10(2):135-142.

- Mai, W., Mullin, P., Lyon, H. & Loeffler, K. 1996. Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera. Fifth edition. Comstock Publishing Associates A Division of Cornell University Press.
- Manzanilla-López, R., Evans, K. & Bridge, J. 2004. Plant diseases caused by nematodes. Capítulo 13. pp. 637-716. In: Chen, Z.X., Chen, S.Y. & Dickson, D.W. (eds.). Nematology: Advances and perspectives. Volume II: Nematode management and utilization. CAB International.
- Merrill, W. 1977. Theory and concepts of plant pathology. The Pennsylvania State University Press. University Park, Penn.
- Montiel, C., Sosa, L., Medrano, C. & Romero, D. 1997. Nematodos fitoparásitos en plantaciones de plátano (*Musa AAB*) de la margen izquierda del río Chana. Estado Zulia, Venezuela. Departamento Fitosanitario, Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia, Venezuela.
- Perry, R. & Moens, M. 2006. Plant nematology. CAB International, London.
- Perry, R., Moens, M. & Starr, J. 2009. Root knot nematodes. CAB International, London.
- Pitcher, R.S. 1965. Interrelationships of nematode and other pathogens of plants. Helminthological Abstracts. 34:1-17.
- Real Academia Española –RAE–. 2011. Consultado: Enero 15 de 2011. http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=cultura
- Sarah, J.L., Pinochet, J. & Stanton, J. 1996. El nematodo Barrenador del Banano *Radopholus Similis* Cobb. Plagas de Musa - Hoja Divulgativa No. 1. INIBAP, Francia.
- Sasser, J.N. 1989. Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. University Graphics, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Sasser, J.N. & Freckman, D.W. 1987. World perspective on nematology: The role of society. pp. 7-14. In: Veech, J.A. & Dison, D.W. (eds.). Vistas on Nematology: A commemoration of the Twenty-fifth Anniversary of the society of Nematologist. Society of nematologist, Inc Hyattsville, MD.
- Schurtleff, M.C. & Averre, C.W. III. 2000. Diagnosing plant diseases caused by nematodes. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Seinhorst, J.W. 1981. Water consumption of plants attacked by nematodes and mechanisms of growth reduction. Nematologica. 27:34-51.
- Shaner, G., Stromberg, E.L., Lacy, H.L., Barker, K.R. & Pirone, T.P. 1992. Nomenclature and concepts of pathogenicity and virulence. Annual Review of Phytopathology. 30:47-66.
- Siddiqi, M.R. 2000. Tylenchida: Parasites of Plants and Insects, 2nd Edition. CABI Bookshop.
- Southey, J.F. 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Tech. Bull. No. 2. London, Great Britain.
- Thorne, G. 1961. Principles of nematology. McGraw-Hill, New York.
- Ulloa, M. & Hanlin, R. 2000. Illustrated dictionary of mycology. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Villota, F. & Varón, F. 1997. Evaluación de materiales de guayaba (*Psidium guajava* L.) por su comportamiento al ataque de *Meloidogyne incognita* Raza 2. Fitopatología Colombiana. 21(2):31-37.
- Volcy, C. 1997. Nematodos. Tomo 1. El ABC de la nematología. Primera edición. Ecográficas Ltda., Medellín.
- Williams, T.D. & Bridge, J. 1985. Nematodos Fitoparásitos. En: Manual para patólogos vegetales. Recopilado por Commonwealth Mycological Institute, CAB. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Lamport Gilbert.