

Nematodos

Carlos Alberto Rivillas Osorio

Los nematodos son animales multicelulares, la gran mayoría microscópicos que están presentes en hábitat variados, desde agua salada hasta en el suelo. Pese a su apariencia, son taxonómicamente diferentes a las lombrices, aunque las hembras de algunos géneros presentan en su madurez forma esférica o de pera. Numerosas especies son parásitas de animales y humanos y otras de plantas, en los cuales generalmente ocasionan o actúan como vectores de enfermedades. Entre los nematodos asociados al cultivo del café en el mundo se encuentran los de los géneros *Pratylenchus coffeae*, *Helicotylenchus erythrinae*, *Xiphinema* sp. *Criconemoides* sp. y *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. megadora*, *M. hapla*, *M. arenaria*, *M. exigua*, *M. coffeicola*, *M. africana*, *M. decalineata*, *M. kikuyensis*, *M. inornata*, *M. oteifae*, *M. thamesi*, *M. arabicida*, *M. konaensis* y *M. paranaensis* (Lordello, 1972).

En la caficultura colombiana, los nematodos se mencionan desde 1929 pero sólo a fines de 1971 se detectaron especies de *Meloidogyne* afectando la producción y limitando el área renovable. Fue entonces cuando se iniciaron los trabajos de investigación orientados principalmente hacia estudios biológicos tanto del parásito como del hospedante y a determinar su manejo (Machado, 1951; Lordello, 1972; López, 1978). Se conoce que los nematodos se diseminan a través de las plantas de café comercializadas en la etapa de almácigo y que por cada 1% de infección en la raíz de esas

plantas infestadas, en el campo producen cuatro gramos menos de materia seca y pierden 78g de café cereza (Leguizamón, 1994a). Trabajos realizados por Navarro (1974); Cano y Gil, 1980 y Vergel *et al.*, (2000) han demostrado que las especies *M. javanica*, *M. incognita*, *M. incongnita* Raza 5, *M. exigua* y *M. arenaria*, Raza 2, ocasionan daños de importancia económica en el cultivo del café en Colombia.

Síntomas

Los síntomas primarios característicos del ataque de *Meloidogyne* en café, son las nudosidades en la raíz (Figura 14). Los nudos ocasionados por *M. exigua* tienden a ser enteros, tienen el mismo color de la raíz y se localizan generalmente en las raíces laterales. *M. incognita* y *M. javanica*, en forma individual o en complejo, se establecen sobre el cuello, la raíz pivotante y las raíces laterales, donde forman nudosidades que al romperse longitudinalmente permiten la degradación de los tejidos afectados por otros habitantes del suelo (Figura 15). Las nudosidades ocasionadas por estas últimas especies son de menor tamaño que las producidas por *M. exigua* y presentan necrosis parcial o total (Baeza *et al.*, 1977). La corteza del cuello y de la parte superior de la raíz engrosa, toma consistencia corchosa y se agrieta; hay proliferación de raíces secundarias que salen casi paralelas a la raíz principal y presentan numerosas ramificaciones.

Como consecuencia del daño en la raíz, las plantas afectadas por nematodos reducen su tamaño y presentan clorosis, defoliación,

Figura 14
Nudosidades ocasionadas por *Meloidogyne exigua* en la raíz de una planta de café.

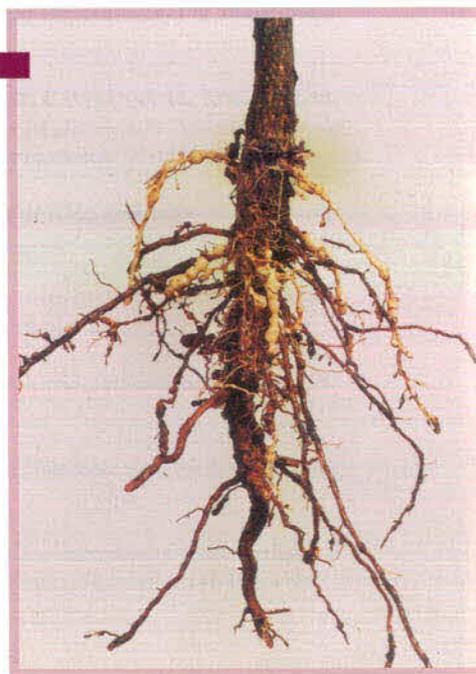
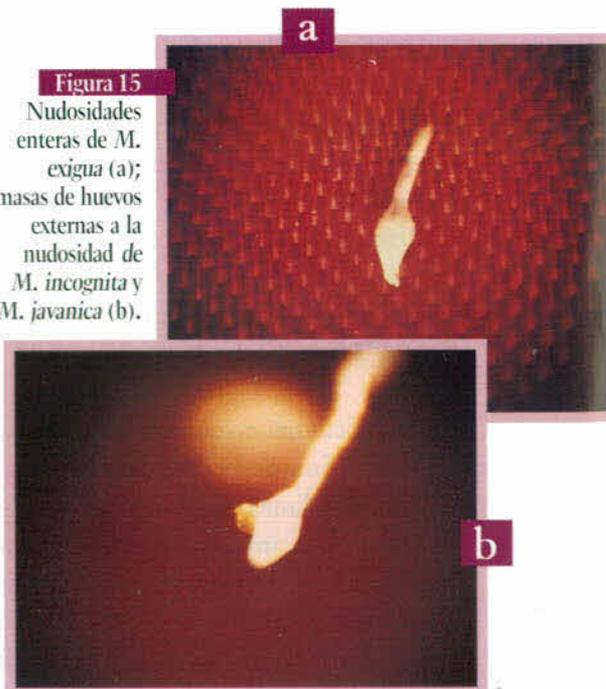


Figura 15
Nudosidades enteras de *M. exigua* (a); masas de huevos externas a la nudosidad de *M. incognita* y *M. javanica* (b).



síntomas de deficiencias de elementos menores, escasa respuesta a la fertilización, mayor daño por efecto de sequías prolongadas, disminución en su producción, y se compromete seriamente el éxito de su renovación por zoca (Figura 16).

Organismo causante

El género *Meloidogyne*, pertenece al Phylum Nematoda, orden Tylenchida, superfamilia Heteroidea, familia Heteroderidae. Morfológicamente las hembras son distintas de los machos, los cuales son alargados, tienen entre 1,2 y 1,5mm de largo y 30 a 36 μ m de ancho, mientras que las hembras tienen forma de melón, con longitud entre 0,40 y 1,30mm, y un diámetro entre 0,27 y 0,75mm. La identificación se realiza con

base en pruebas con hospedantes diferenciales, patrones perineales y estudios morfométricos de larvas (Eisenback, 1985). En el primer caso, se observa la reacción típica de algunas plantas al ataque de especies cosmopolitas de *Meloidogyne*. El segundo método se basa en la presencia de una huella estable en la región posterior del cuerpo de la hembra adulta de cada especie y comprende la parte terminal de la cola, fásmidas, líneas laterales, ano y vulva, rodeada por pliegues o estrías cuticulares. El tercer método, se basa en las medidas de individuos adultos. Comparados con los patrones perineales, los marcadores moleculares han sido más efectivos para la identificación de las especies de *Meloidogyne*. En Cenicafé, el uso de marcadores RAPDs e IGS permitió diferenciar *M. arenaria* de *M. incognita*. Estas especies se ubicaron filogenéticamente de manera similar a la encontrada en otros aislamientos estudiados en el mundo. Estas técnicas moleculares, combinadas con el desarrollo de marcadores más avanzados (SCARs) pueden proveer un método rápido y seguro de identificación y diagnóstico (Quintana, 2000).

Proceso de infección

El ciclo de vida de las especies de *Meloidogyne* spp., comienza con un huevo en estado de una célula, depositado por una hembra en una masa de aproximadamente 500 huevos que está parcial (*M. incognita* y *M. javanica*) o completamente (*M. exigua*) embebida dentro de la raíz de una planta hospedante. El desarrollo del huevo comienza pocas horas después de su deposición formándose dos células, (en un



Figura 16

Planta de café afectada por nematodos.

período de ocho días), luego cuatro y ocho (Figura 17), y así sucesivamente hasta la formación de un estado infectivo completamente desarrollada con su estilete visible que corresponde al primer estado J1. La primera muda tiene lugar en el huevo para pasar a su segundo estado infectivo, en el cual el nematodo emerge del huevo (entre ocho a 12 días), para penetrar las raíces del hospedante e iniciar su proceso de parasitismo. Los siguientes estados J3, J4 y hembra adulta ocurren dentro del tejido del hospedante (Figura 18). La penetración del estado J2 en el tejido del hospedante dura de uno a tres días y el establecimiento y la segunda muda hasta hembra adulta con huevo es de 29 días. El ciclo total de *M. exigua* en *Coffea arabica* var. Caturra es de 70 días a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, mientras que para *M. incognita* es de 48 a 52 días (Baeza, 1977b y Villalba *et al.*, 1983).

Los estados infectivos *M. exigua* y *M. incognita* se introducen en los tejidos de la zona comprendida entre la cofia y la zona de iniciación de los haces vasculares. El tejido restante de la raíz parece no ser apto para el parasitismo debido posiblemente a su lignificación. En investigaciones realizadas inoculando nematodos en plántulas de café de diferentes estados de desarrollo se demostró que en la medida que las plantas se acercaron al trasplante (seis meses), se redujo drásticamente el daño en la raíz pivotante y en el cuello. De ello se deduce que el período crítico de establecimiento de las poblaciones de *Meloidogyne* spp. son los primeros estados de desarrollo en las plantas en el almácigo y que la severidad de los daños tiende a ser menor, aún con *M*

incognita y *M. javanica*, en la medida que el contacto parásito - hospedante sea más tardío (Arango, 1977 y Baeza, 1977a).

Las poblaciones de *M. incognita* raza 5 capaces de causar daño en *Coffea arabica* var. Caturra, se encuentran a partir de 40 estados J2 por centímetro cúbico de suelo, con niveles de población de 400 a 600 individuos que se establezcan en la raíz durante los dos primeros meses del almácigo. El peso de la parte aérea se reduce ocho veces respecto a las plantas sanas, seis meses después (Leguizamón, 1976; Villalba *et al.*, 1983;



Figura 17

Huevo de *Meloidogyne* sp., durante su desarrollo. 20X.

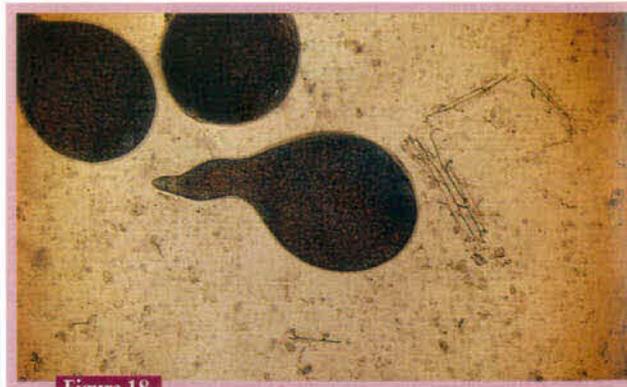


Figura 18

Hembra adulta de *Meloidogyne* sp. 10X.

Cano y Gil, 1980). Las poblaciones de las diferentes especies de *Meloidogyne* subsisten en condiciones de campo en las raíces de las plantas de café y de la casi totalidad de arvenses presentes en los cafetales, lo cual ha sido confirmado con la identificación de plantas hospedantes de *Meloidogyne* spp, en zonas cafeteras del país (Baeza *et al.*, 1977).

La dinámica poblacional de *M. exigua* es restringida ya que la localización de las masas de huevos dentro del tejido del parénquima hace que la colonización de nuevas raíces por los estados juveniles que eclosionan estén sujetos a la degradación de las nudosidades, mientras que para *M. incognita* y *M. javanica* dicha dinámica es favorecida por presentar masas de huevos externas a la raíz, lo cual incrementa las posibilidades de que nuevas raíces sean infectadas por las nuevas generaciones de estas especies (Leguizamón, 1976; Arango, 1977; Baeza, 1977b; Cano y Gil, 1980).

Manejo

El suelo para la preparación de almácigos debe obtenerse preferiblemente en cada finca, ya que se corre el riesgo de que éste albergue una o varias de las especies de *Meloidogyne* ya mencionadas, con lo cual se incrementa la presencia de los nematodos en áreas de baja población. No obstante y como una medida preventiva, el control debe iniciarse en los primeros estados de desarrollo de la planta en etapa de almácigo. Los trabajos sobre control químico realizados en Cenicafe demuestran que la aplicación de un nematicida de acción sistémica (Nemacur, Dassanit o Furadán),

en dosis de un gramo del producto comercial por bolsa, antes o durante la primera semana de la siembra de las plantas, es suficiente para evitar los daños ocasionados por el nematodo durante la etapa de almácigo (Baeza y Leguizamón, 1977; Leguizamón y López, 1972). Se debe tener en cuenta que una vez el nematodo logra establecerse en los tejidos radicales altera los vasos del xilema en forma, tamaño y orden en forma irreversible, en consecuencia, el nematicida actuará efectivamente sobre la población activa parasítica en las raíces pero no recuperará el leño alterado, ni mejorará el intercambio entre la raíz y la parte aérea (Figura 19) (Baeza, 1977b).

En el campo, los tratamientos nematicidas no son rentables ya que se han obtenido producciones similares entre testigos y



Figura 19

Raíz de una planta adulta de café afectada por *Meloidogyne* sp. desde la etapa de almácigo.

tratamientos. Igual conclusión se obtuvo cuando se establecieron plantas sanas en suelos con poblaciones altas del nematodo y se compararon tratamientos nematocidas y el testigo sin tratamiento (López, 1978), y cuando se llevaron al campo grupos de plantas con porcentajes crecientes de raíces afectadas y se comparó su producción con y sin aplicación nematocida (Leguizamón, 1994a).

La revisión para detectar problemas de nematodos debe efectuarse máximo dos meses después de la siembra de las plántulas en el campo, teniendo como criterio el mal desarrollo de la parte aérea.

Los trabajos realizados sobre resistencia genética demuestran que las especies: *Coffea dewevrei*, *C. canephora* y *C. congensis* son las más resistentes al ataque de *Meloidogyne* spp.; el nematodo penetra en las raíces pero se afecta su reproducción (Arango, 1977; Baeza, 1977a y Vergel *et al.*, 2000). En Centroamérica se desarrolló la variedad de café "Nemayá" (*C. canephora*), utilizada exitosamente como portainjertos de especies de *C. arabica*, siendo ésta práctica de injertación una de las más promisorias en el manejo de los nematodos *Pratylenchus* y *Meloidogyne*, los cuales causan graves pérdidas en producción, especialmente en Guatemala y El Salvador (Anzueto *et al.*, 1995).

Existen algunos microorganismos como hongos, bacterias y micorrizas arbusculares que presentan efecto antagónico con los nematodos. Trabajos de investigación realizados en Cenicafé (Cardona y

Leguizamón, 1997 y Giraldo y Leguizamón, 1997), utilizando nudosidades producidas por *Meloidogyne* spp. en plantas de *Impatiens* sp., toronjil (*Melisa officinalis*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*), permitieron aislar la bacteria *Pasteuria penetrans* y los hongos *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium* sp cepa 9501, identificado como un *Hyphomycetes* y *Verticillium chlamydosporium* subespecie *chlamydosporium*. En pruebas de patogenicidad *in vitro* con estos microorganismos, el mayor porcentaje de infección (94%) en hembras se obtuvo con la cepa foránea *P. lilacinus* 9201 y en huevos y en estadios juveniles del nematodo (J2) con la cepa nativa de *Hyphomycetes* sp 9501 con un 94% y 100%, respectivamente. Este hongo fue el único capaz de infectar J2 *in vitro*, mientras que ninguna de las cepas de *P. lilacinus* infectó J2. La bacteria *P. penetrans* infectó estadios juveniles en un 80% de los casos pero no infectó huevos y hembras del nematodo *in vitro*, mientras que en campo se observó atacando estadios de huevos, J2 y hembras de *Meloidogyne* spp en el interior de raíces (Cardona y Leguizamón, 1997).

La siembra de plántulas de café en la mezcla de suelo con 50 g de *P. lilacinus* incrementado en arroz cocido ($2,1 \times 10^9$ esporas/g), 5 días antes de la inoculación de los nematodos, redujo significativamente el grado de infección radical causado por el nematodo en plantas de café, comparado con el testigo y fue similar al encontrado con el tratamiento químico (Giraldo y Leguizamón, 1998). Con *Verticillium chlamydosporium* se determinó que a medida que se aumenta la dosis de arroz colonizado

por *V. chlamydosporium* se redujo la población de estadios juveniles de *Meloidogyne* spp. en el suelo (Hincapié y Leguizamón, 1999). Esta especie presenta dos subespecies *Verticillium chlamydosporium* subespecie *chlamydosporium* y *Verticillium chlamydosporium* subespecie *catenulatum* que es registrada como nematófaga. Para el desarrollo de un programa de manejo de *Meloidogyne* spp. con este hongo hay que tener en cuenta este produce dictioclamydoespores, que son estructuras resistentes a condiciones adversas, lo cual puede ser una ventaja frente a *P. lilacinus* (Hincapié y Leguizamón, 1999).

Mediante acción enzimática los hongos *Beauverria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* formulados en arroz y sus formulaciones comerciales Conidia® y Destruxin®, respectivamente, ocasionan pérdida de turgencia de los huevos y lisis de estadios J2 de *Meloidogyne* spp. (Leguizamón y Padilla, 2001, y Padilla *et al.*, 2001) (Figura 20).

En el manejo de nematodos del complejo *Meloidogyne javanica* y *M. incognita*, las Micorrizas Arbusculares (inóculo comercial) han contribuido a reducir el

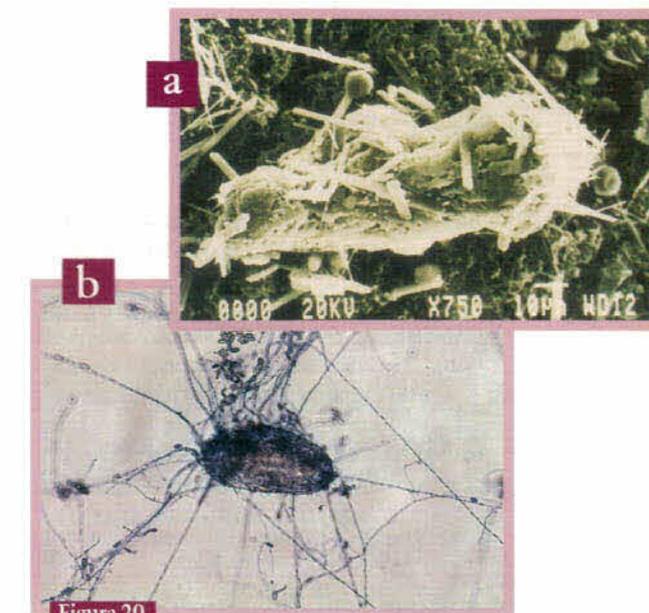


Figura 20

Huevos de *Meloidogyne* afectados por *Metarhizium anisopliae* 750X (a) y por *Verticillium chlamydosporium* 40X (b).

impacto de éstos cuando son inoculadas 30 días antes que el nematodo. El efecto de las MA en la protección de las raíces se logra haciendo que el hongo se establezca primero que el nematodo con lo cual se producen plantas con abundantes raíces y asociadas con el hongo, beneficiándose la planta en su crecimiento y desarrollo (Leguizamón, 1994b).

Referencias

- ANZUETO R., F.; BERTRAND B.; DUFOUR M. Nemayá, desarrollo de una variedad portainjertos resistente a los principales nematodos en América Central. Boletín de Promecafé No. 66-67: 13-15. 1995.
- ARANGO B., L.G. Estudio del proceso infeccioso y la histopatología de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*, sobre plantas de café. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia - Instituto Colombiano Agropecuario, 1977. 37 p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).
- BAEZA A., C. A. Metodología en la identificación de la resistencia en *Coffea* spp. a *Meloidogyne* spp. Informe trimestral de labores en nematología. Chinchiná, Cenicafé, 1977(a).

- BAEZA A., C. A. Ciclo de vida de *Meloidogyne exigua* en *Coffea arabica* var. Caturra. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de labores en Nematología 1976-1977. Chinchiná, Cenicafé, 1977 (b).
- BAEZA A., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Evaluación de nematocidas para el control de *Meloidogyne exigua* Goeldi, en plántulas de *Coffea arabica* var. Caturra. Cenicafé 28 (3): 108-116. 1977.
- BAEZA A., C. A.; BENAVIDES M.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Plantas de zona cafetera hospedantes de especies de *Meloidogyne*. Informe anual de labores de la sección de Fitopatología. Cenicafé, Chinchiná. 1977.
- CANO, J., A.; GIL V. L.F. Dinámica de la población de *Meloidogyne incognita* raza 5 a diferentes densidades en *Coffea arabica* var. Caturra, en condiciones de vivero. Manizales. Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1980. 111 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
- CARDONA B., N.L.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Aislamiento y patogenicidad de hongos y bacterias al nematodo del nudo radical del café *Meloidogyne* spp. Goeldi. Fitopatología Colombiana 21(1): 39-52. 1997.
- EISENBACK J. D. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. In: SASSER, J.N.; CARTER, C.C. An advanced treatise of *Meloidogyne*. Vol 1 Raleigh, North Carolina State University, 1985. P-96-100
- GIRALDO F., M.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Aislamiento y evaluación *in vitro* de hongos a partir de estados de *Meloidogyne* spp. infectados naturalmente. Cenicafé 48 (3): 195-203. 1997.
- GIRALDO F., M.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Control de *Meloidogyne* spp en almácigos de café con el hongo *Paecilomyces lilacinus*. Cenicafé 49 (2):85-101. 1998.
- HINCAPIÉ R., D.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Efecto de *Verticillium chlamydosporium* en el control de *Meloidogyne* spp. en almácigos de Café, variedad Caturra. Cenicafé 50 (4): 286-298. 1999.
- LEGUIZAMÓN C. J.; LÓPEZ D., S. Nematodos en plantaciones de café en Colombia. Avances Técnicos Cenicafé No. 20:1-4.1972.
- LEGUIZAMÓN, C. J. Relación entre poblaciones de *Meloidogyne* spp. en el suelo y daño causado en cafetales establecidos. Cenicafé 27 (4): 174-184. 1976.
- LEGUIZAMÓN C., J.E. Efecto de *Meloidogyne* spp. en plantaciones establecidas de café var. Caturra. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ -CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe Anual de Actividades Disciplina de Fitopatología 1993-1994. Chinchiná, Cenicafé, 1994 (a). 70 p.
- LEGUIZAMÓN C., J.E Interacción entre una mezcla de MVA y el complejo *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* en almácigos de café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe Anual de Actividades Disciplina de Fitopatología 1993-1994. Chinchiná, Cenicafé, 1994 (b). 14 p.
- LEGUIZAMÓN C., J.E.; PADILLA H., B.H. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del nematodo del nudo radical del café. Cenicafé 52(1): 29-41. 2001.
- LÓPEZ D., S. Control de nematodos para el establecimiento de cafetales sanos en suelos infestados por *Meloidogyne* spp. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe semestral de labores 1977 - 1978. Chinchiná. Cenicafé. 1978. s.p.

- LORDELLO, L.G.E. Nematode pest of coffee. In: WEBSTER, J.M. Ed. Economic nematology. London, Academic Press, 1972. p. 258 – 284.
- MACHADO S., A. Los nematodos y la decadencia de muchos cafetales y cultivos. Revista Cafetera de Colombia 10 (120): 3572 – 3576. 1951.
- NAVARRO A., R. Identificación de especies de *Meloidogyne* Goeldi en Colombia. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, 1974. 59p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).
- PADILLA H., B.E.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; VELÁSQUEZ S., E.T. Evaluación de formulaciones de *Beauverria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Meloidogyne* spp. Cenicafé 52 (4): 249-269. 2001.
- QUINTANA R., J.C. Caracterización molecular de monopoblaciones del nematodo del nudo radical *Meloidogyne* spp. provenientes de café. Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. Microbiología, 2000. 87 p. (Tesis: Microbiología Agrícola y Veterinaria).
- VERGEL C., D.M.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; CORTINA G., H.; TORRES T., E. Reconocimiento y frecuencia de *Meloidogyne* spp. en una localidad de la zona cafetera central de Colombia. Cenicafé 51 (4): 285-295. 2000.
- VILLALBA G., D.A.; FERNÁNDEZ B., O.; BAEZA A., C.A. Ciclo de vida de *Meloidogyne incognita* raza 5 “Kafoid y White 1919”. “Chitwood” 1949 en *Coffea arabica* var. Caturra. Cenicafé 34 (1): 16-33. 1983.