

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

## AUTORES INVITADOS

María Claudia Leguizamó<sup>1</sup>  
y Julio C. Parada<sup>2</sup>

## ABSTRACT

**Soil nematodes of the corn-soy rotation system and adjacent natural habitats of the Colombian well drained savannas (Meta department)**

The structure of the soil nematode community in the Colombian well drained upland savannas cropped with rice, a corn soy bean rotation system, and natural adjacent habitats of native forest is described. In all, 240 soil samples were collected, 86% from cultivated areas and 14% from natural areas. Extractions were performed using an Oostenbrink elutriator and identifications with the help of key morphological, taking into account morphometry and diagnostic characters. Taxa identified, were assigned to trophic groups at the family level. Shannon diversity, richness Simpson, maturity index (MI), total maturity index (mMI), plant parasitic index, fungi/bacteria eaters relationship and % of dorylaimid and criconematid were calculated, which show the differences between cultivated and natural habitat. The results, allow for inferences of possible conditions of structure loss in the rice cropping system; some instability in soil patches of natural habitat, and possible recovery within the system corn – soybeans rotation system trophic chains. This work is the first record of free-living nematodes in the soils of the Colombian well drained savannas as a tool for the recovery of degraded soils.

*Key words:* Nematode, bioindicators, soil trophic changes.

## Nematodos del suelo en el sistema maíz-soya y en hábitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana (Meta)

## RESUMEN

Se describe la estructura de la comunidad de nematodos en muestras de suelos de la Altillanura colombiana procedentes de hábitats cultivados con arroz y el sistema maíz-soya, y hábitats naturales de bosque nativo adyacentes a los agroecosistemas mencionados. A tal fin, se colectaron 240 muestras de suelo, 86% de áreas cultivadas y 14% en áreas naturales; para la extracción de los nematodos se utilizó el elutriador Oostenbrink y para su identificación, claves morfológicas que incluyeron caracteres morfométricos y diagnósticos. Los taxa identificados se asignaron a grupos tróficos a nivel de Familia. A partir de las poblaciones obtenidas, se calcularon los índices de diversidad de Shannon, de riqueza de Simpson, de madurez total (mMI), de madurez (MI), de parásitos de plantas, la relación fungívoros/bacterióvoros, y los porcentajes de dorylaimidos y criconematidos, los cuales muestran diferencias entre hábitats naturales y cultivados. Los resultados permiten determinar posibles condiciones de pérdida de estructura en la cadena trófica del cultivo de arroz, ligera inestabilidad en suelos de parches de hábitat naturales, y una posible recuperación de la cadena trófica en el sistema maíz-soya. Este trabajo constituye el primer registro de nematodos de vida libre en suelos de la Orinoquía colombiana y propone la caracterización de poblaciones de nematodos en los estudios de calidad de hábitat como fundamento de procesos de recuperación de suelos.

*Palabras clave:* Nematoda, bioindicadores, cadenas tróficas del suelo.

## INTRODUCCIÓN

LOS NEMATODOS SON ORGANISMOS invertebrados evolutivamente exitosos, diversos y abundantes en sistemas acuáticos y edáficos, especialmente en aquellos que proveen fuentes de carbono orgánico y nitrógeno (Sánchez *et al.*, 2002); su abundancia en suelos está asociada con el contenido de humedad y la disponibilidad de fuentes alimenticias. Intervienen en procesos de descomposición de la materia orgánica, mineralización y ciclaje de nutrientes (Lenz, 2000) y sus poblaciones se pueden correlacionar con estados sucesionales de la vegetación, probablemente como respuesta a cambios físicos y químicos ocurridos en el suelo (Matlack, 2001).

El reconocimiento taxonómico y morfológico hace posible establecer los grupos tróficos (Bongers, 1999) y permite agrupar los nematodos como omnívoros, predadores, fungívoros, bacterióvoros, detritívoros (Neher, 2000), parásitos (de vertebrados e invertebrados) o herbívoros (Yeates, 1994; Bongers y Bongers, 1998); así, sus integrantes ocupan diversas posiciones en cadenas tróficas e intervienen en la estructura y organización funcional edáfica (Bongers, 1999; Bongers y Ferris, 1999; Neher, 2000). En este sentido, los nematodos del suelo

exhiben atributos que pueden ser usados como bioindicadores: abundancia poblacional, diversidad de taxa y trofia por ecosistema, su respuesta a un disturbio ambiental es casi inmediata y, cuando la mayor parte de la fauna ha desaparecido, pueden permanecer en el suelo debido a variadas adaptaciones a ambientes extremos (Ferris *et al.*, 1999).

Desde una perspectiva ecológica, y según sus características adaptativas y de comportamiento como estrategias *r-K*, las familias de nematodos pueden ser ordenadas en una escala como colonizadores “*c*” (que corresponde a estrategias tipo *r*), persistentes “*p*” (que corresponde a estrategias tipo “*K*”) y aquellos con comportamientos intermedios (Bongers y Ferris 1999). Los colonizadores se caracterizan por ser organismos pequeños, numerosos, capaces de sobrevivir y colonizar bajo condiciones edáficas extremas y ocupan un lugar basal en la cadena trófica; por su parte, los nematodos persistentes presentan características contrarias: se trata de pocos individuos en un hábitat, con mayor tamaño individual, incapaces de sobrevivir en ambientes extremos y presentes en niveles de cadena trófica con mayor adaptación de organismos y presencia de diversas fuentes alimenticias (Neher,

Radicado: abril 10 de 2008  
Aceptado: junio 6 de 2008

1. I.A., M.Sc., candidata a Ph.D. en Ciencias Agropecuarias con énfasis en Suelos, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.  
e-mail: mcleguizamob@unal.edu.co

2. Biólogo, M.Sc., candidato a Ph.D. en Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá D.C.  
e-mail: jcparadas@unal.edu.co

2000). La escala *c-p* asigna un valor de uno a cinco a cada familia, respectivamente, según dichas condiciones (Bongers y Bongers, 1998; Bongers, 1999). El análisis de los grupos tróficos y el valor *c-p* asignado, permiten calcular el índice de madurez (Bongers y Ferris 1999), el cual se utiliza como un indicador holístico del estado general del suelo como ecosistema (Bongers *et al.*, 2001; Wasilweska, 1998).

Así, la evaluación e interpretación de la abundancia y función de la estructura de la comunidad de nematodos del suelo ofrece una medida *in situ* de los factores disruptivos de la dinámica del suelo (Bongers y Ferris, 1999). Con el presente estudio se pretende iniciar el conocimiento de la estructura de la comunidad de nematodos en suelos de la Altillanura colombiana, a través del análisis de muestras de suelo procedentes de hábitats cultivados y naturales.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El muestreo se llevó a cabo en las fincas 'Santana' y 'Nilo', ubicadas en los municipios de Puerto Gaitán y Puerto López (Meta, Colombia), respectivamente. La primera se localiza en la margen sur del río Meta (latitud 4° 14' 27" y longitud 72° 28' 19") y la otra se halla junto al río Meta (latitud 4° 04' 67" y longitud 73° 27' 66"). Se incluyeron hábitats cultivados con arroz y con el sistema maíz-soya, así como áreas naturales cercanas como parches de bosque de galería, bosques primarios sin intervención y vegetación de caños y morichales. El paisaje allí predominante corresponde a superficies planas a plano cóncavas, con temperaturas entre 23 y 30°C (Bustamante y Carrillo, 2002).

**Muestreo.** Se colectaron muestras de suelo de 500 g en cada cuadrante dentro de una gradilla de 70 cuadrantes de 175 m x 175 m en el sistema maíz-soya; en los cultivos de arroz y los hábitats naturales se tomaron muestras dentro de cuadrantes de 4x4 m. La colecta se realizó a una profundidad de 20 cm usando un barreno para muestra indisturbada (sin afectación del perfil de suelo) o una pala de mano, y registrando los datos de pH en el momento del muestreo.

**Extracción e identificación de nematodos.** Para la extracción de los ejemplares

se usaron las técnicas de elutriación y filtrado en papel de algodón (Leguizamó, 2006); estos procedimientos se realizaron en el laboratorio de fitopatología del C.I. Tibaitatá de CORPOICA (Mosquera, Cundinamarca). Los individuos recuperados se sacrificaron, fijaron y preservaron en solución TAF (7 partes de formaldehído 40%, 2 partes de trietanolamina y 91 partes de agua destilada estéril), a 50°C en baño María, antes de colocarlos en láminas Cobb.

La identificación taxonómica se llevó a cabo a través de estudios morfológicos y morfométricos, empleando los microscopios ópticos Laborlux-K® y American Optical® y haciendo uso de claves taxonómicas para la identificación de Familia y Género. Para el Orden Enoplida se empleó la clave de Tarjan y Keppner (1989); en Mononchida y Dorylaimida se siguió la propuesta por Panesar y Marshall (2001); en Rhabditida y Diplogasterida se usó la clave de Nguyen (2003); en Tylenchida, las de Nickle y Hooper (1991), Zuckerman (1990) y Siddiqi (2000); y para Aphelenchida la de Nickle (1991). En la categoría taxonómica de Familia, los nematodos se ordenaron en grupos tróficos de acuerdo a las categorías *c-p* propuestas por Bongers (1998, 1999) y Bongers *et al.* (2001).

**Análisis de la textura de los suelos.** Se realizó siguiendo el método de Bouyoucos (IGAC, 2006) en el laboratorio de Control Biológico de la Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

**Análisis de la información.** Se calcularon los índices de riqueza, diversidad de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y diversidad trófica valiéndose del software PAST®, versión 1.10 (Hammer y Harper, 2003). Además, mediante análisis discriminante se evaluó la diversidad y riqueza entre los hábitats estudiados. De otra parte, se determinaron las proporciones de fungívoros/ bacteriívoros (FF/BF), puesto que se consideran grupos indicadores de la cadena de descomposición (Sohlenius y Sandor, 1987); así mismo, se calculó el porcentaje de dorylaimidos y criconematidos, por ser reconocidos como grupos sensibles al disturbio ambiental (Cares y Huang, 1991). Teniendo en cuenta la densidad de nematodos y los valores de colonización-persistencia (*c-p*) asignados a los distintos

taxa encontrados, se llevó a cabo un diagnóstico de la condición de cada hábitat analizado mediante el cálculo del Índice de Madurez total (mIM), del Índice de Madurez sin parásitos de plantas (es decir, sin nematodos herbívoros) (IM) y del Índice de Parásitos de Plantas (PPI) (Bongers y Bongers, 1998; Bongers, 1999).

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### Identificación taxonómica y caracterización ecológica

Se extrajeron e identificaron 806 nematodos de vida libre, dentro de 16 Géneros, 13 Subfamilias, 19 Familias, y 7 Órdenes en las Clases Adenophorea y Secernentea. Un 25% de las familias correspondieron a los grupos tróficos predador, omnívoro y bacteriívoros, 15% a herbívoro y 10% a fungívoros (Tabla 1).

Los suelos se clasificaron dentro del orden Oxisol y se determinaron seis clases texturales, a saber: Fr, FrA, FrAr, FrArA, Ar y ArL. Se registraron nematodos bacteriívoros en todas las texturas de suelo mencionadas, mientras que sólo se hallaron nematodos fungívoros en FrArA y FrAr. En los suelos de clase textural FrArA se encontraron los cinco grupos tróficos nombrados anteriormente (predador, omnívoro, bacteriívoros, herbívoro y fungívoros), lo que se relaciona con la porosidad (contenidos de aire y de humedad) particular de esta textura edáfica que facilita el establecimiento de diversas poblaciones de microorganismos, como hongos y protozoarios entre otros, que pueden servir de fuente alimenticia a los nematodos.

La similaridad en cuanto taxa y grupos tróficos entre el sistema maíz-soya (MS) y los hábitats naturales (HN) puede indicar las posibles bondades de este sistema en cuanto a la recuperación de las cadenas tróficas del suelo.

Por otra parte, se registró un pH del suelo entre 3,5 y 4,3 de tendencia muy ácida, característica de los suelos de Altillanura. Todos los grupos tróficos mencionados ocurrieron en los suelos con pH 3,5 mientras que en los suelos con pH 4,2 se encontró solamente el grupo bacteriívoros; la presencia de este grupo en todas las texturas reportadas, muestra

**Tabla 1.** Número de nematodos aislados en suelos Oxisol de la Altillanura colombiana, según clasificación taxonómica, grupo trófico y hábitats.

Clase	Orden	Familia	Subfamilia	Género	Grupo trófico	HN	MS	OS
Adenophorea	Enoplida	Ironidae	No identificada	No identificado	D	9		
		Prismatolaimidae	Prismatolaiminae	Prismatolaimus	B		2	
	Mononchyda	Mylonchulidae	Mylonchulinae	Mylonchulus	D	18	9	
		Anatonchidae	Miconchinae	Myconchus	D		3	
		Mononchidae	Mononchinae	Clarkus	D	3		
	Dorylaimida	Dorylaimidae	No identificada	No identificado	O	5	7	
			Dorylaiminae	No identificado	O	17	9	
		Qudsonematidae	No identificada	No identificado	O	98	24	20
			Qudsonematinae	Eudorylaimus	O	70	18	9
		Longidoridae	Longidorinae	No identificado	H	12	4	
Actinolaimidae		No identificada	No identificado	D		2		
Aulolaimidae		No identificada	Aulolaimoides	B		2		
Mydonomidae	No identificada	Dorylaimoides	B	3	2			
Secernentea	Rhabditida	Rhabditidae	No identificada	No identificado	B	7	15	
			Peloderinae	No identificado	F		28	
			Protorhabditinae	No identificado	B		12	
			Protorhabditinae	Parasitorhabditis	B	48	57	9
			Protorhabditinae	Protorhabditis	B	3		5
			Rhabditinae	Discodilitis	B		24	
	Rhabditonematidae	Rhabditonematinae	Rhabditonema	B	52			
		Rhabditonematinae	Saprorhabditis	B	10		17	
	Diploscapteridae	Diploscapterinae	Diploscapter	B		48		
	Diplogasterida	Diplogasteridae	No identificada	No identificado	B	2		
	Tylenchida	Hoplolaimidae	Rotylenchoidinae	Helicotilenchus	H	27		
			Criconematinae	Criconema	H	13		
		Criconematidae	Criconematinae	Criconema	H	13		
Macroposthoniinae			Criconemoides	H			78	
Aphelenchida	Paraphelenchidae	No identificada	No identificado	F		2		
	Aphelenchidae	No identificada	No identificado	F	3			

HN: hábitat natural; MS: sistema maíz-soya; OS: sistema arroz; D: depredadores; B: bacterióvoros; O: omnívoros; H: herbívoros; F: fungívoros.

la alta capacidad de adaptación de estos individuos y su comportamiento como estrategias *r*, además de que pueden colonizar y sobrevivir fácilmente debido a que su fuente alimenticia (bacterias) son la población más numerosa en ambientes edáficos. Se puede asumir que la acidez es propia de los materiales de formación de estos suelos; no obstante, puede existir una tendencia al aumento en los procesos de acidificación debido a la descomposición de la materia orgánica, en la cual los microorganismos y los nematodos juegan papeles definitivos, y ello explica su presencia en aquellos suelos con pH especialmente ácido.

#### Análisis de distribución espacial y trófica

Los índices de riqueza y diversidad calculados presentaron leves variaciones entre los hábitats cultivados y naturales (Tabla 2). Los valores máximos en los índices de diversidad se encontraron en los hábitats de caño y bosque de galería, pero fueron menores en el bosque primario. Respecto de los hábitats cultivados, el índice de diversidad fue mayor en el sistema maíz-soya y presentó un valor promedio mucho menor en el cultivo de arroz; sin embargo, se puede afirmar que los índices de diversidad fueron bajos en ambos hábitats.

Los índices de madurez encontrados presentaron variaciones significativas entre hábitats cultivados y naturales (Tabla 2). De acuerdo con Bongers (1998, 1990), un valor de Índice de Madurez Total (mIM) de 2,8 indica hábitats con condiciones de disturbio bajas, estado acorde con las condiciones presentes en los hábitat naturales muestreados pues, aunque son parches de bosques nativos, las comunidades vegetales presentes permiten preservar condiciones apropiadas para el mantenimiento y la actividad de las cadenas tróficas del suelo. En cuanto al valor de mIM= 1 calculado para los dos hábitats cultivados, puede asumirse que

se trata de ambientes con un alto grado de afectación, en este caso por actividades propias del cultivo como el laboreo físico (hechura de surcos, volteado, entre otros) o por el enriquecimiento de algunas poblaciones a consecuencia de procesos de fertilización artificial (Bongers, 1999).

**Tabla 2.** Índices de riqueza, diversidad y de madurez calculados en suelos de Altillanura respecto de poblaciones de nematodos.

Índices	Hábitats naturales	Hábitats cultivados
Shannon-Wiener (3,5)	1,853	1,8
Simpson	0,76	0,77
IM	2,58	0,79
mIM	2,8	1
IPP	0,22	0,2
FF/BF	0,027	0,009
% Dorylaimidos	39	20
% Criconematidos	2	14

IM: Índice de Madurez modificado (sin tener en cuenta herbívoros); mIM: Índice de Madurez Total; IPP: Índice de Parásitos de Plantas; FF/BF: relación fungívoros/bacterióvoros.

Con relación al Índice de Madurez modificado (sin herbívoros), un valor de IM= 2,58 en hábitats naturales anexos confirma la condición de intervención moderada en estos ambientes, mientras el valor de IM= 0,79 refleja condiciones de enriquecimiento en los cultivos. La relación FF/BF fue mayor en los hábitats naturales que en los cultivados, debido posiblemente a la mayor diversidad de fuentes de materia orgánica (residuos de plantas) sobre las cuales actúan estos organismos en los procesos de descomposición y mineralización, particularmente de elementos como el carbono orgánico y el nitrógeno orgánico (Griffiths, 2004).

El porcentaje de dorylaimidos fue superior en los hábitats naturales que en aquellos cultivados. Cuando este porcentaje se encuentra por encima de 25% se considera que el suelo está poco alterado (Bongers, 1999) y corresponde a zonas de baja influencia antrópica; estos individuos presentan bajas propiedades adaptativas, actúan principalmente como estrategias K y son los primeros en perderse bajo condiciones de disturbio edáfico. Por el contrario, el porcentaje de criconematidos fue mayor en los suelos cultivados con alto grado de disturbio, ya que éstos presentan adaptaciones

morfológicas como cutículas muy gruesas y cuticularizadas que les permiten comportarse como estrategias r y sobrevivir bajo condiciones alteradas del suelo. Se debe anotar que el mayor porcentaje de criconematidos en hábitats cultivados correspondió al cultivo del arroz y fue menor en el sistema maíz-soya, en el que la diversidad también fue mayor y se pudieron determinar condiciones discretas de alteración, posiblemente derivadas de procesos de recuperación de suelos bajo este sistema de cultivo.

## CONCLUSIONES

Los índices de diversidad de poblaciones de nematodos, así como los de madurez, permitieron hacer evidentes diferencias entre los hábitats naturales y los sometidos a influencia antrópica, en cuanto la diversidad de taxa y de grupos tróficos, y en especial, de las condiciones de la cadena trófica en los suelos evaluados. De manera preliminar este estudio mostró que los nematodos pueden ser utilizados como bioindicadores de la integridad ecológica de los sistemas edáficos; la validez de esta metodología podrá ser comprobada en cuanto se desarrollen estudios de registro y seguimiento de la nematofauna en ecosistemas naturales, disturbados y en proceso de recuperación.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bongers, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83:14-19.
- Bongers, T. 1999. The maturity index: the evolution of nematode, life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and Soil* 212: 13-22.
- Bongers, T. y M. Bongers. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecol.* 10: 239-251.
- Bongers, T. y H. Ferris. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Tree* 14(6): 224-228.
- Bongers, T.; K. Ilieva-Makulec y K. Ekschmitt. 2001. Acute sensitivity of nematode taxa to CuSO<sub>4</sub> and relationship with feeding-type and life-history classification. *Environ. Toxicol. and Chem.* 20(7): 1511-1516.
- Bustamante, C. y H. Carrillo. 2002. Entorno físico y de cobertura del área piloto en la Altillanura (Orinoquia) colombiana. Informe del proyecto "Desarrollo de tecnologías para el manejo fitosanitario integral a lo largo de la cadena productiva de maíz, en los sistemas priorizados de las regiones Orinoquia y Caribe". CORPOICA, C.I. Tibaitatá, 28 p.

Cares, J.H. y S.P. Huang. 1991. Nematode fauna in natural and cultivated cerrado of Central Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 16: 199-209.

Ferris, H.; T. Bongers, R.G.M. De Goede. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Appl. Soil Ecol.* 18: 13-29.

Ferris, H.; R.C. Venette; R. Van der Meulen y S.S. Lau. 1999. Nitrogen mineralization by bacterial-feeding nematodes: verification and measurement. *Plant and Soil* 203: 159-171.

Griffiths, B.S. 2004. The role of nematodes in the mineralization of nutrients from terrestrial ecosystems. *Soil Plant Dynamics Unit, Scottish Crop Research Institute.*

Hammer and Harper. 2003. *Palaeontological Statistics Software PAST™*. En: <http://folk.uio.no/ohammer/past>. ©Hammer and Harper; consulta: diciembre 2007.

IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2006. *Métodos analíticos de laboratorio de suelos*. 6ª ed., Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá. 148 p.

Leguizamo, M.C. 2006. Nematodos de vida libre en suelos de cultivo de papa, pasturas y bosque alto andino en la vereda Páramo de Guerrero (Zipaquirá, Cundinamarca). Tesis Magister en Ciencias Agrarias, Área Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía e Ingeniería Agronómica, Bogotá, D.C. 160 p.

Lenz, R. y G. Eisenbeis. 2000. Short term effects of different tillage in a sustainable farming system on nematode community structure. *Biol. Fertil. Soils* 31: 237-244.

Matlack, G. 2001. Factors determining the distribution of soil nematodes in commercial forest landscape. *Forest Ecology and Management* 146: 129-143.

Neher D.A. 2000. Role of nematodes in soil health and their use as indicator. *Proceeding Annual Meeting of The Society of Nematologists*, Quebec City, Quebec, Canadá.

Nguyen, K.B. 2003. Clave Rhabditida: Rhabditina. En: [www.kbnguyen.ifas.edu](http://www.kbnguyen.ifas.edu); consulta: diciembre 2007.

Nickle, W.R. y D.J. Hooper. 1991. The Apahelencia: bud, leaf and insect nematodes; cap 10. En: Nickle, W.R. (ed). *Manual of agricultural nematology*. Beltsville Agricultural Research Center, USDA, Beltsville (Maryland, EUA).

Panesar, T.S. y V.G. Marshall. 2001. *Monograph of soil nematodes from coastal Douglas-fir Forests in British Columbia*. Part of final report submitted to FRBC/ SCBC (Forest Renewal British Columbia / Sciences Council of British Columbia) 110 p. En: [www.cedarlearning.com/nematodes/frames/print.asp](http://www.cedarlearning.com/nematodes/frames/print.asp); consulta: diciembre 2007.

- Sánchez, S.; J. Camargo y A. Navas. 2002. Nematodos edáficos como indicadores ecológicos del proceso de restauración de la ribera del Río Guadamar (Huelva, España). Departamento Interuniversitario de Ecología, Universidad de Alcalá (Madrid, España). 230 p.
- Siddiqi, M.R. 2000. Tylenchida: parasites of plant and insects. CABI Publishing Eds., London. 800 p.
- Sohlenius, B. y A. Sandor. 1987. Ploughing of a perennial grass lay-effect on the nematode fauna. *Pedobiologia* 33: 199-210.
- Tarjan, A.C. y E.J. Keppner. 1989. Illustrated key to the genera of free-living marine nematodes of the order Enoplida. NOAA Technical Report NMFS 77, U.S. Department of Commerce. 26 p.
- Wasilewska, L. 1998. Soil invertebrates as bio-indicators, with special reference to soil inhabiting nematodes. *Russian Journal of Nematology* 5(2): 113-126.
- Yeates, G.W. 1994. Modification and qualification of the nematode maturity index. *Pedobiologia* 38: 97-101.
- Zuckerman, B.M.; W.F. Mai y L.R. Krusberg. 1990. Plant nematology laboratory nematodes, The University of Massachusetts, Agricultural Experiment Station, Amhert (Massachusetts, EUA).