Artículo Review

Principales aportes al estudio de fitonematodos en Cuba realizados por grupos del Ministerio de Educación Superior. I: diagnóstico, interacciones y enfermedades complejas

https://cu-id.com/2247/v39e14

Main contributions to the study of plant parasitic nematodes in Cuba by researchers and professors from High Education Institutions. I: diagnosis, interactions and complex diseases

Mayra G. Rodríguez Hernández[1]*

Grupo Plagas Agrícolas. Departamento de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Apartado 10, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: Este artículo tuvo como objetivo resumir los aportes de investigadores y profesores del Ministerio de Educación Superior (MES), desde los años 60 del siglo XX a la actualidad, para el desarrollo de la Nematología Agrícola en Cuba. Se revisaron docenas de artículos, así como tesis de maestría y doctorado, evidenciando la madurez de la especialidad en el país. Los nematodos formadores de agallas (*Meloidogyne* spp.) y los cultivos de hortalizas fueron objetos de la mayoría de las investigaciones de personal del MES. La identificación y caracterización de *Meloidogyne enterolobii* (Yang y Eisenback) (syn. jun. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah y Hirschmann) en el cafeto (*Coffea arabica* L.) constituyó un punto de inflexión, con la incorporación de técnicas para el conteo de cromosomas, el uso de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR por sus sigla en ingles) con cebadores específicos y el uso de la Microscopía Electrónica de Barrido, por primera vez en el estudio de fitonematodos en Cuba. Los estudios de resistencia evidenciaron que Solanaceae fue la familia más estudiada, con 12 especies evaluadas y predominio de *Solanum lycopersicum* L., seguida de Fabaceae con cinco especies y 18 genotipos, indicando numerosos cultivares como resistentes a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood.

Palabras clave: *Coffea* spp., hortalizas, *Meloidogyne*, nematodos parásitos de plantas, *Phaseolus*, Solanaceae.

ABSTRACT: A summary is made of the main contributions of researchers and professors from institutions of the High Education Ministry (MES) in the period from the 60s of the 20th century to today to develop Agricultural Nematology in Cuba. Dozens of papers and many MsC. and Dr,C. thesis were reviewed, and they show the matureness degree reached by Nematology in Cuba. Objectives of most of the research carried out by MES staffs were related to root nematodes (*Meloidogyne* spp.) and horticultural crops. With the introduction of techniques for counting the number of chromosomes, the use of Polimerase Chain Reaction (PCR) with specific primers, and the use of Scanning Electronic Microscopy for the first time in Cuba, the identification and characterization of *Meloidogyne enterolobii* (Yang and Eisenback) (syn. jun. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah and Hirschmann) in coffee (*Coffea arabica* L.) were a breaking point for the studies on plant parasitic nematodes. The plant resistance studies showed that Solanaceae, with 12 species evaluated and the predominance of *Solanum lycopercicum* L., was the most studied botanic family followed by Fabaceae with five species and 18 genotypes, and with numerous cultivars shown as resistant to *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood.

Key words: *Coffea* spp., vegetables, *Meloidogyne*, root knot nematodes, *Phaseolus*, Solanaceae.

INTRODUCCIÓN

Los nematodos parásitos de plantas (NPP) son organismos de pequeño tamaño, pluricelulares, no segmentados, de cierta complejidad (en su morfología, biología y fisiología) y que actúan como parásitos obligados de las plantas. Generalmente son vermiformes, aunque importantes géneros presentan dimorfismo sexual y las hembras aparecen globosas o arriñonadas, entre otras formas. Provocan daños directos (en su interacción con la planta) e indirectos (cuando actúan en complejos etiológicos con otros organismos como hongos y bacterias o como transmisores de virus). Los síntomas que producen son, generalmente, inespecíficos y por ello, en diversas ocasiones, no se comprende su importancia como plaga. Su pequeño tamaño, el hecho de que, mayoritariamente, afectan las raíces y provocan síntomas inespecíficos, sugirieron el apelativo para los NPP de “enemigos ocultos”.

Nicol *et al*. (1) señalaron que, en los climas tropicales y subtropicales, las pérdidas en los cultivos atribuidas a los fitonematodos, fueron de 14,6 %, en comparación con el 8,8 % que se calculó en países desarrollados; sin embargo, indicaron que una de las dificultades en la cuantificación del impacto de los nematodos, radicaba en que el daño resultante de su infestación era, con frecuencia, menos obvio que el causado por otras plagas.

*Correspondencia a: Mayra G. Rodríguez Hernández. E-mail: mayrag2531961@gmail.com
Recibido: 09/10/2022
Aceptado: 20/12/2022

En Cuba, resultan escasos los estimados de las pérdidas provocadas por fitonematodos en la agricultura; sin embargo, se reconoce que constituyen importantes plagas en hortalizas, cafeto y frutales (2), por estas razones, numerosos investigadores y profesores del Ministerio de Educación Superior (MES) de Cuba, se vincularon a los estudios de los NPP, sus relaciones con cultivos de interés económico y la búsqueda de alternativas para su manejo, desde hace más de 40 años.

Los primeros informes, donde se relacionaron a los nematodos y las plantas de cultivo en Cuba, datan de inicios del siglo XX cuando, entre 1905 y 1909, el Dr. W. T. Horne señaló que los nematodos atacaron las raíces del cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (3). Los informes entre 1908 y 1955, los elaboraron investigadores foráneos que estuvieron en Cuba, con las excepciones de las referencias de Patricio Cardín, quien informó la existencia en zonas de Camagüey, de organismos conocidos como *Heterodera radicicola* (que pudieran haberse referido a nematodos agalleros) y Julián Acuña Galé, que notificó la presencia e importancia de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) (3).

Se reconoció que las investigaciones nematológicas en América Latina recibieron fuerte impulso en la segunda mitad del siglo XX, debido a la asistencia científica y financiera de países de Europa y América del Norte y, en esa época, F. Pineda realizó investigaciones de nematodos fitoparásitos en Cuba (4).

La Nematología Agrícola en Cuba, tal como sucedió con otras especialidades relacionadas con el conocimiento y desarrollo agrícola, tuvo su mayor auge a partir de la década de los 60 (3), cuando arribaron al país prestigiosos especialistas del ex campo socialista y comenzaron a trabajar, desde la Academia de Ciencias de Cuba y otras instituciones, junto a personal cubano, realizando las primeras encuestas de nematodos en cultivos y zonas de importancia.

El progreso alcanzado por la especialidad en el país hasta la actualidad, provino de la investigación y el trabajo vinculado con los problemas nematológicos en cultivos de interés económico, impulsado por grupos de trabajo que, desde el Ministerio de la Agricultura (MINAG), el Centro de Ingeniería y Biotecnología (CIGB) y el Ministerio de Educación Superior (MES), avanzaron en el estudio de los NPP y las alternativas para el manejo de sus poblaciones.

El presente trabajo tuvo como objetivo resumir los aportes que investigadores del MES hicieron, desde los años 60 a la actualidad, para el desarrollo de la Nematología Agrícola en el país, en aspectos del diagnóstico y caracterización de NPP y su relación con hospedantes y realizar un modesto homenaje a nuestros maestros y compañeros, algunos de los cuales fallecieron dejando hermosos legados personales y profesionales.

PARTE ESPECIAL

Nematología Agrícola en Cuba: Breve historia en Cuba y el MES

Para Cuba los NPP, fundamentalmente, *Meloidogyne* spp., *Radopholus similis* (Cobb) Thorne y *Pratylenchus* spp., representan plagas importantes en plantas de cultivo (2). Los artículos Cruz *et al*. (3) y Fernández (5) recogieron momentos de la historia de la Nematología Agrícola en Cuba, en lo referente a NPP; ambos coincidieron en señalar que, a partir de la década de los años 60 del siglo XX, se crearon las bases de la especialidad en el país y comenzó su desarrollo.

Entre los años 1964 y 1979 se impulsó la especialidad en el país, en el Instituto de Investigaciones en Agricultura Tropical (INIFAT) "Alejandro de Humboldt" (antigua Estación Central Agronómica de Santiago de las Vegas), con la asesoría de especialistas de la ex - Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), República Democrática Alemana (RDA) y Bulgaria (3). Hacia la década de los 70 se sumaron la Escuela de Biología, la Universidad Central "Martha Abreu" de las Villas (UCLV) y surge el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) (5). En esa década, la colaboración con especialistas extranjeros resultó en la publicación de tres estudios realizados por S. Gateva junto a investigadores cubanos (6) y dos de ellos, relacionados con la fauna de nematodos en arroz (*Oryza satva* L.) y en caña de azúcar (*Sacchrum* spp.), junto a la Dra. Gisela Pentón Pedraja†, profesora del MES.

En 1981 se creó, en el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), el Laboratorio de Nematología Agrícola, dirigido por la Ingeniera Lourdes Sánchez Portales†, joven egresada de la Facultad de Agronomía del Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (ISCAH), actual Universidad Agraria de La Habana (UNAH) quien, entre 1982 y 1984, conformó un equipo de trabajo que abordó, en los primeros años de su fundación, investigaciones de NPP en cafeto (*Coffea* spp.), cítricos (*Citrus* spp.), caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y tabaco (*Nicotiana tabacum* L.).

Según Fernández (5), en los años 80 creció la calidad y cantidad de las investigaciones en la especialidad, con la consolidación de los laboratorios provinciales de Sanidad Vegetal y la creación de la especialidad de Nematología Agrícola en el CENSA, centro donde se comenzaron estudios básicos sobre métodos de diagnóstico, que sirvieron de fuerte apoyo a los programas de manejo.

Hacia fines de esa década, la Dra. Pentón† fungió como profesora del ISCAH, impartiendo la asignatura de Zoología a estudiantes de pregrado y colaboró, con la preparación de investigadores jóvenes del CENSA, en aspectos de morfología e identificación

de nematodos parásitos de plantas. Su exigencia y laboriosidad dejaron, en este último colectivo, una disciplina de trabajo que se mantiene en la actualidad.

En las décadas de los 70 y 80, profesores de la UCLV como R. C. Casamayor, María Elena Rodríguez Fuentes† y Julia Añorga, impulsaron investigaciones en los géneros *Rotylenchulus* y *Meloidogyne* (7), en colaboración con especialistas alemanes como el Dr. H. Decker; mientras que, en el Oriente, en el entonces Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de Bayamo (ISCAB), actual Universidad de Granma, otro colectivo trabajó en el estudio de nematodos agalleros en hortalizas y tácticas para su manejo.

A partir de la última década del siglo XX, numerosos profesores e investigadores de las Universidades de Pinar del Río, La Habana, Agraria de la Habana, Matanzas, Sancti Spíritus, Cienfuegos, UCLV, Camagüey, Granma y Oriente; así como de centros de estudios de esas instituciones, apoyados por la labor de decenas de estudiantes de pre y postgrado, desarrollaron investigaciones y aportes en diversos aspectos relacionados con los NPP y su manejo, algunos de los cuales se resumen en este artículo.

Los detalles de las investigaciones, desarrolladas en instituciones del MES, podrán ser consultados en revistas como Centro Agrícola, Protección Vegetal y Cultivos Tropicales, contenidas en la base de datos Scielo (www.scielo.cu), así como en Ciencia en su PC (http://cienciapc.idict.cu/index.php/cienciap), Fitosanidad (www.fitosanidad.cu), Agrotecnia de Cuba (www.actaf.co.cu) y Nematropica (www.journals.flv.org), entre otras.

A pesar de que, decenas de artículos se consultaron para elaborar este trabajo, continúa siendo escasa la divulgación de los resultados obtenidos por grupos de investigación de NPP en el MES, resultando necesario que todos los actores sociales vinculados a la investigación y la innovación de la especialidad de Nematología Agrícola en el país continúen socializando sus resultados para aportar al desarrollo agrícola del país y al fortalecimiento de la especialidad en la región.

Síntesis de los estudios de diagnóstico de NPP acometidos por instituciones del MES

- Incorporación y /o evaluación de técnicas para el trabajo en Nematología Agrícola

Las pesquisas de Nematología Agrícola aplicada, demandan conocer las densidades poblacionales de los nematodos en los suelos y la exactitud de estas estimaciones depende, directamente, de los métodos de muestreo y extracción que se utilicen (8). Por ello, instituciones del MES incorporaron, mejoraron y evaluaron técnicas para perfeccionar el trabajo con NPP. Aspectos importantes, para lograr eficacia en el manejo de nematodos, son el diagnóstico y caracterización de la plaga, incluido su ciclo de vida; los ensayos para determinar la susceptibilidad/resistencia y el daño de los nematodos a cultivares, entre otros, muchos de los cuales recibieron atención para parte de investigadores y profesores del MES.

- Extracción de nematodos de suelo y ensayos con plantas indicadoras

Se determinó que, para la extracción de las comunidades de nematodos presentes en suelos del agrupamiento Ferralíco, la técnica de Bandejas Whitehead, con filtros de leche y gasa, recobró el mayor número de nematodos (representando los cinco grupos tróficos) (100 g de suelo como submuestra) (9).

Este pudiera ser empleado de manera generalizada en los laboratorios del país, luego de su evaluación en esos centros, pues se utilizan implementos accesibles, como bandejas o placas Petri y tamices construidos con tubos de PVC de diferentes diámetros y mallas plásticas en el fondo.

El uso de plantas indicadoras, como método indirecto para estimar poblaciones de nematodos del género *Meloidogyne* se remonta a los años 50 del siglo pasado (10) que utilizó, como planta indicadora, tomate (*Solanum lycopersicum*, L.). Posteriormente, Taylor y Sasser (11) señalaron que el tomate cv. 'Rutgers' se comportaba como susceptible a todas las especies de nematodos agalleros descritos hasta ese momento y lo consideraron como "planta indicadora".

En Cuba, desde la década de los años 80, en los laboratorios del Sistema de Sanidad Vegetal y otras instituciones, se utilizaron plantas indicadoras, generalizándose el uso de calabaza (*Cucurbita* spp.) por su rusticidad y la disponibilidad de semillas. No obstante, a escala internacional, se indicaron otras plantas favorables para la estimación de poblaciones (12, 13) y en Cuba, se realizaron estudios para determinar la eficacia de diversas plantas como hospedantes de nematodos agalleros.

Rodríguez *et al*. (14) determinaron que cuatro especies vegetales no respondieron de igual forma ante densidades poblacionales conocidas de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood y *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood. Ese estudio reveló que el cultivar 'Campbell-28' (*S. lycopersicum*) se comportó como excelente planta indicadora de ambas especies; sin embargo, la calabaza (*Cucurbita* spp.) cv 'RG' fue el peor de los indicadores de *M. javanica*, lo que podría emitir una señal errada si esta especie predomina en el terreno evaluado o formaba parte mayoritaria en comunidades poliespecíficas de *Meloidogyne*.

De igual forma, se pudo comprobar que la madama (*Impatiens balsamina* L.), conocida también como jardines y espuela en diversas zonas del país, resultó una excelente planta indicadora de comunidades poliespecíficas donde se encuentran

M. incognita, *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood y *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback (syn jun. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann) (como especie mayoritaria) (15). Estos elementos deben ser objeto de atención en las provincias Habana, Villa Clara, Granma, Santiago de Cuba, Guantánamo y Holguín, donde esta última especie está presente (16, 17, 18).

Sánchez y Rodríguez (19) estudiaron la relación entre las densidades poblacionales de nematodos agalleros, inoculados al suelo, y el índice o grado de agallamiento (mediante la Escala de Zeck modificada) expresada en plantas indicadoras. En el estudio se pudo determinar que, en condiciones de aisladores biológicos, densidades de 600, 2000 y 4500 juveniles (J_2) en macetas de 1000 cc de sustrato, reprodujeron los índices o grados 1, 2 y 3, de la escala utilizada, en calabaza y en los cultivares de tabaco 'Burley Habana-1', 'Burley Habana-12','Criollo' y 'Corojo'. Este tipo de ensayo, permite lograr la homogeneidad en los estudios en condiciones semi-controladas y realizar comparaciones con los resultados de diferentes especies.

- Identificación y caracterización de poblaciones

El uso de la microscopía óptica para la identificación y caracterización morfológica de poblaciones de *M. incognita* (20), *M. arenaria* (21), *M. javanica* (22) y de *M. enterolobii* (23) y la incorporación de la microscopía electrónica de barrido (23), aportó elementos que, para las tres primeras especies, podían ser utilizadas como referencias en los estudios de poblaciones de campo por los especialistas del sistema de Sanidad Vegetal en el país.

En el caso de *M. enterolobii*, los estudios morfológicos, ofrecieron nuevos elementos a la descripción original de la especie, identificada como *M. mayaguensis* en los años 80 y, junto al conteo de cromosomas y los estudios moleculares, permitieron ratificar la presencia de esta especie en el cafeto en Cuba (23).

La descripción de modificaciones realizadas a protocolos para la extracción de ADN de nematodos del género *Meloidogyne* (24), el uso de la Reacción en Cadena de la Polimerasa, con cebadores específicos y el corte con enzimas de restricción (RFLP), perfiles de proteínas totales y de isoenzimas del tipo esterasas en el estudio de poblaciones cubanas de *M. enterolobii* (23) acercaron, por primera vez a Cuba, las herramientas de biología molecular para la identificación y caracterización de especies de NPP.

Los estudios del ciclo de vida de especies de *Meloidogyne* en hortalizas demostraron que, a escasos días de la infestación, se observan zonas de las raíces "hinchadas" y que, bajo las temperaturas imperantes en nuestras condiciones, las hembras culminan el ciclo en menos de un mes, evidenciándose la presencia de huevos en las masas u ootecas (25) en pocas semanas, elemento que posee importancia en el manejo; en especial, en el cuidado que hay que tener con el uso de plantas "trampa" como la lechuga (*Lactuca sativa* L.), reconocido como método eficaz de disminuir las poblaciones de nematodos agalleros en las condiciones de Cuba (26).

- Estudios de la interacción planta - parásito en Nematología Agrícola

Resistencia / susceptibilidad:

En Nematología Agrícola, la definición de *resistencia* más ampliamente utilizada, establece que es la *habilidad de la planta para inhibir la reproducción del nematodo* (27, 28). La resistencia a NPP es un carácter muy deseable en un genotipo, pues su siembra o plantación en un área infestada, contribuye a la disminución sensible de las poblaciones del nematodo diana en los suelos.

Frecuentemente, los nematólogos separan la respuesta de las plantas al parasitismo por estos organismos, de la habilidad que estas posean de "soportar" la reproducción de los nematodos (29); por ello, una planta susceptible puede ser intolerante, con un alto grado de supresión de su crecimiento debido al parasitismo de los nematodos o, puede ser tolerante, con limitada supresión de su crecimiento debido al parasitismo (27).

En el país, los productores adquieren semillas, o le son proveídas por las empresas especializadas o como parte de las tecnologías (ej. Producción Protegida de Hortalizas), cuyo comportamiento frente a nematodos, fundamentalmente, *Meloidogyne* spp. no se conoce o, en las etiquetas de los envases, se expresa que son resistentes a alguna especie de nematodo agallero. Sin embargo, generalmente, las evaluaciones de estos genotipos (cultivares, híbridos) se hicieron en países y con poblaciones que no tienen relación con las existentes en Cuba.

El estudio de estos genotipos, utilizando poblaciones extraídas de suelos cubanos, ofrece resultados más reales y contextualizados, y son de mucha utilidad para los agricultores. Por esta razón, resulta importante la continua evaluación de resistencia y tolerancia de los cultivares e híbridos que provienen de los programas de mejoramiento que conducen instituciones del país y de los que están presentes en los mercados locales, proveyendo información actualizadas a agricultores y extensionistas.

Numerosos investigadores y profesores del MES evaluaron más de medio centenar de cultivares frente a poblaciones nativas de *M. incognita* (Tabla 1), *M. arenaria* y *M. enterolobii,* resultados que deben ser incorporados a los instructivos técnicos y catálogos de variedades en el país.

La Familia Solanaceae fue la más estudiada, con 12 especies evaluadas, donde el tomate (*S. lycopersicum*) fue la más estudiada por especialistas del MES, con un total de 33 genotipos, donde 27 (81,8 %) resultaron susceptibles a *M. incognita* y cinco se comportaron como resistentes (15,1 %). En el caso del cultivar 'Rossol', fue informado como ligeramente susceptible (32) y resistente (38), lo que pudiera estar relacionado a diferencias en la forma de inocular, evaluar y categorizar los genotipos; lo que ratifica la necesidad de utilizar las metodologías establecidas internacionalmente para este tipo de estudio.

Otra familia con varios representantes evaluados fue Fabaceae con cinco especies y 18 cultivares, donde sobresalen numerosos genotipos como resistentes a *M. incognita*, los que pudieran ser utilizados en suelos infestados con esta especie.

En el maíz (*Zea mays* L.), generalmente, se producen agallas muy leves, siendo necesario utilizar lentes de aumento para observar las bolsas de huevos u ootecas, que indican que hay reproducción de los nematodos, tal como se ocurrió en estudios de *M. incognita* (39) y *M. arenaria* (18). Este elemento resulta importante, si se considera que el maíz se utiliza en diferentes esquemas de rotación de cultivos.

Rodríguez *et al*. (46) determinaron que fueron susceptibles a *M. enterolobii* (Syn. Jun. *M. mayaguensis*) los cultivares de tomate (*S. lycopersicum*) 'Guadajira' (portador de gen *Mi)*, 'INCA-17' y 'Campbell-28'; pimiento (*C. annuum*) cv. 'California Wonder'; berenjena (*Solanum melongena* L.) genotipo 'F-1-100'; papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. 'Desiree'; tabaco (*N. tabacum*) cultivares 'Virginia', 'Habana 92', 'Criollo' y 'NC 95'; *Canavalia ensiformis* L.) DC.; soya (*G. max*) cv. 'Forrest'; frijol (*P. vulgaris*) cv. 'Icapijao'; mani (*A. hypogaea*.) cv. 'Casacajal rojo'; guayaba (*P. guajava* L.) cv. 'Cotorrera'; perejil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Airy - Shaw) cv. 'Plain'; apio (*Apium graveolens* L.) cv. 'Utah'; calabaza (*Cucurbita s*p. Duch.) cultivares 'Fifi' y 'Maruchi'; remolacha (*Beta vulgaris* L.) cv. 'Detroit'. En ese estudio, la lechuga evidenció un índice de reproducción menor de 1, lo que pudiera sugerir que es resistente; sin embargo, no fue así, pues el daño en las raíces fue tan grande que, la reproducción de los nematodos se vio afectada.

Fueron resistentes a *M. enterolobii* (syn. jun. *M. mayaguensis*) el anón (*Anona squamosa* L.); chirimoya *Anona cherimolia* M.; naranja agria (*Citrus aurantium* L.), toronja (*Citrus paradisi* Macf. March); paraíso (*Melia azederach* L.); col de repollo (*Brassica oleracea* L.*)* cv. 'Premium'); brócoli (*B. oleracea* var. *botrytis* L.); tomillo (*Thymus vulgaris* L.) y ajo (*Allium sativum* L.) cv.'Criollo' (46).

En el caso de *M. arenaria*, Gómez (18) determinó la susceptibilidad de *S. lycopersicum* (cv. 'HA 3880', 'Campbell 28'); *C. annuum* (cv. 'California Wonder'), *N. tabacum* (cv. 'NC 95'), *C. lunatus* (cv. 'Charleston Gray'); *Z. mays* (cv. 'Criollo'), *B. oleracea* cv. 'Hercules'; mostaza silvestre (*Brassica lanceolata* Sw); mientras que, maní cv. 'Cascajal Rosado' fue resistente. Un equipo de trabajo conformado por investigadores del IIHLD y el CENSA determinaron que fueron resistentes a *M. areanaria,* las especies *S. erianthum, D. stramionium; S. mammosun, S. torvum* y *S. globiferum* (38).

Para los ensayos de resistencia, se debe comparar la población final (Pf) desarrollada en el genotipo que se evalúa, con la población inicial (Pi) (27), lo que se conoce como Factor o Índice de Reproducción (FR). Por ello, los estudios de resistencia deben ejecutarse utilizando las metodologías establecidas internacionalmente, con esos fines. No obstante, algunos de los estudios desarrollados en Cuba, no informaron el FR y fundamentaron, la categorización de los genotipos, en base al Índice de Agallemiento (IA), pero se señalan en este trabajo, como un elemento a tener en consideración cuando se usen esos cultivares en suelos infestados.

En Cuba, se desarrollan Programas de Mejoramiento Genético en cultivos seleccionados por diversas instituciones y entre ellas, los del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en hortalizas y granos donde se obtuvieron cuatro cultivares de tomate (47) y uno de soya (48) con resistencia y tolerancia a *Meloidogyne* spp. Los cultivares de tomate se lograron en cooperación con la Estación Experimental "La Mayora"-CSIC, España, incorporando el gen *Mi* a las variedades 'Mariela', 'Amalia','Rilia' y 'Roma' mediante la selección asistida por el marcador isoenzimático Aps-11, durante el proceso de autofecundaciones y retrocruzamientos. Mientras que, el cultivar de soya 'INCASOY-36', se obtuvo irradiando el genotipo 'INCASOY-15' con rayos gamma de 60Co, utilizando un irradiador Gammacell-500 a una potencia de dosis de 13,7 Gy/min (dosis aplicada fue de 240 Gy); señalando los autores que el cultivar resultante toleraba a los nematodos del género *Meloidogyne*.

Las respuestas de estos genotipos, cuando se enfrentaron a poblaciones nativas de *M. incognita*, no siempre se correspondieron con lo informado por sus autores (Tabla 1), ratificando la necesidad de que los nematólogos se incorporen a los equipos de trabajo de mejoramiento genético, para realizar estudios *in vivo* en diversas etapas del proceso que permitan llegar al final con un material, cuya respuesta sea consistente ante los NPP.

Un ejemplo de trabajo conjunto, entre instituciones del MINAG y el MES, lo constituyó el "Programa de Injerto Herbáceo", liderado por el Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" (IIHLD) (MINAG), con la cooperación de los nematólogos del CENSA, que concluyó con la selección de un porta-injerto resistente y compatible con híbridos de tomate para su explotación en casas de cultivo (34, 49, 50, 51).

Tabla 1. Reacción de genotipos de diversas plantas frente a poblaciones cubanas de *M. incognita*, en estudios desarrollados íntegramente por equipos de investigación del Ministerio de Educación Superior y de otros, dirigidos por especialistas de ese ministerio y que se desarrollaron de forma conjunta con especialistas del MINAG / Reaction of various plant genotypes in the presence of Cuban *M. incognita* populations in studies developed by researchers from the High Education Ministry and other works conducted by specialists from this ministry and develop jointly with specialists from MINAG

Genotipo evaluado		Respuesta		Ref.
Familia	**Especie botánica**	**susceptible**	**resistente**	
Solanaceae	*S. lycopersicum* (tomate)	'Campbell 28'♦; 'Campbell 28v'; 'INIFAT 93'; 'INCA 9'; 'INCA 13'; 'Floradel'♦, 'Manalucie'♦; 'Nova II'♦; 'Rossol'♦; 'Roma'♦; 'Rutgers'♦, Híbrido T-1x14; Híbrido T-1x15; Híbrido T-2x16; 'LMT; HA 3019'; 'Mariela'; 'Amalia'; 'Vyta'; 'HC 3880'; 'FA 572- Katherine'; 'LTM-12'; 'Caramba'; 'ARO 8484'; 'HA 3063'; 'HA 8476'; 'Híbrido 3057'	'Rossol'; 'INIFAT 163'; 'INCA 33'; híbrido interespecífico *Lycopersicon hirsutum* x *L. esculentum;* Motelle; 'Beaufort'	(30-35)
	Solanum erianthum D. Don (Berenjena macho)		acc. no declarada	(38)
	Solanum mammosum L: (Güirito de pasión)		acc. no declarada	(38)
	Solanum globiferum Dunal		acc. no declarada	(38)
	Capsicum annuum L. (pimiento)	'California Wonder'♦; 'Chay'♦; 'Español', 'Medalla de Oro', 'Tropical CW3'		(32, 36)
	Solanum peruvianum L. (tomate silvestre)		acc. B6-140	(31)
	Solanum pimpinelifolium Dunal (tomate cimarrón)	acc. Mex 121-A		(31)
	Solanum lycopersicum var. *cerasiforme* Dunal	acc. no declarada		(31)
	Nicotiana tabacum L. (tabaco)	'Burley Habana 1'**; 'Burley Habana 12'**; 'Corojo'**, 'Criollo'**		(19)
	Physalis ixocarpa Brot. (tomate verde o de cáscara)		acc. B 6236	(31)
	Solanum torvum Sw. (berenjenita cimarrona o Pendejera)	acc. no declarada		(31, 37, 38)
	Datura stramonium L. (campana o chamico)		acc. no declarada	(38)
Fabaceae	*Arachis hypogaea* L. (maní o cacahuete)		'Cascajal Rosado'***	(39)
	V. unguiculata (caupi)	'Cancarro'*	'IITA 3'*; 'Habana 82'*; 'Incarita 1'*; 'IT 87D 14638'*; 'IT 86 D 364'*; 'Viñales 144'*; 'Viñales 144 A' ***; 'P 902'*; 'IIT 7'*	(39, 40)
	Phaseolus vulgaris L. (frijol común)	'BAT 306'; 'Cuba Cueto 25-9'	'Triunfo-70'	(41, 42)
	Glycine max L. (soya)	'G7-RB-15'***	'INCASOY-36'	(39, 43)
	Cicer arietinum L. (garbanzo)	'Nacional 29'		(44)
	Sesbania rostrata Bremek y Oberm	acc. no declarada***		(39)
Cucurbitaceae	*Cucumis sativus* L. (pepino)	'Siboney'***		(39)
	Citrulus lunatus (Thunb.) Matsu y Nakai (melón)	'Charleston Gray'♦		(18)
	Cucurbita sp. (calabaza)	'RG1'♦		(32)
Poaceae	*Zea mays* L. (maíz)	'T66'***		(39)
Asteraceae	*Lactuca sativa* L. (lechuga)	'Chile 1185-3'; 'Black Speeded Simpson'		(45)
Amaryllidaceae	*Allium cepa* L. (cebolla)	'Red Creole'♦		(32)
	Allium sativum L. (ajo)		'Criollo'♦	(32)

Leyenda de la simpología dentro de la tabla: forma de evaluación de genotipos en base al grado o índice de agallas (o hembras con ootecas) por sistema radicular: *(40); ** (19) y *** (39); ♦evaluación utilizando el Índice de Masas de Huevos (32)

Los estudios para determinar la respuesta resistente /susceptibles o tolerante/intolerante de los cultivares a nematodos agalleros debe ser objeto de investigaciones futuras en el país, de manera de poder ofrecer recomendaciones a los agricultores para el uso eficiente de los genotipos.

- Estudios de dinámica poblacionales y del impacto del parasitismo por NPP en cultivares de plantas

Según Schomaker y Been (52), el objetivo de las investigaciones nematológicas cuantitativas, es lograr la protección óptima y económica de los cultivos frente a NPP, para lo cual, los estudios de dinámica poblacional resultan relevantes. Con relación a esto, Seinhorst (53) señaló que las densidades de nematodos, a menudo, ofrecen elementos para predecir el daño que éstos ocasionarán a las plantas, de ahí la importancia de los estudios de la dinámica poblacional. La variación en el número de nematodos en el tiempo, fue definida como dinámica poblacional y su posible modelación y el entendimiento de los diferentes factores que pueden afectarla, representan informaciones claves para predecir las pérdidas que puede causar un nematodo en los rendimientos y establecer bases racionales para su manejo con una adecuada selección de tácticas (54).

La Función de Daño, con propósitos explicativos y/o predictivos, fue definida como la descripción matemática de la relación entre los rendimientos de las plantas y la densidad poblacional del nematodo y, para los cultivos anuales, esta función se utiliza relacionando los rendimientos y la densidad poblacional a inicios del cultivo (Pi) (54).

Sobre la base de la correlación que se obtiene en experimentos, donde se evalúa la relación entre la masa de las plantas y una serie creciente de densidades iniciales (Pi) de NPP en el suelo, Seinhorst (55, 56) describió modelos que permiten, entre otros elementos, relacionar las densidades poblacionales iniciales de nematodos (Pi) y las reducciones en el desarrollo y crecimiento de plantas, así como el establecimiento de los valores de Límite de Tolerancia (LT) y Umbral Económico (E).

Investigaciones para determinar los valores de LT, E y las pérdidas potenciales en los rendimientos provocados por nematodos agalleros en cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate, pimiento, tabaco y frijoles se realizaron en el CENSA en el marco de un proyecto del Programa Nacional de Salud Animal y Vegetal entre 2017 y 2020 donde, además de generar esos detalles para el manejo, se preparó el software ITSein, para estimar los LT (57), valores que deben ser incorporados a los Instructivos y catálogos de variedades en Cuba.

Otro elemento que resulta importante, en el manejo de los NPP que, como se refirió antes, son conocidos como "enemigos ocultos", es demostrar el daño que producen a los cultivos, de manera que los agricultores adquieren conciencia de la necesidad de su manejo.

Estudios desarrollados por especialistas del MES ejemplificaron esto en cultivos de hortalizas, granos y frutales.

En los 80s, Castillo (36) desarrolló estudios en Granma y determinó que el pimiento (*C. annuum*) toleraba densidades poblacionales de *M. incognita* inferiores a 10 J_2 . 100 g de suelo^{-1}; mientras que, poblaciones superiores a 25 J_2 . 100 g de suelo^{-1} produjeron pérdidas de 19 %.

En tomate, Gómez *et al*. (33) determinaron que entre el 60 y el 94 % de la disminución del tamaño de las plantas en los cultivares 'ARO 8484', 'Caramba' y 'HA 3063' estuvo relacionada con el aumento de las densidades poblacionales iniciales de *M. incognita*; donde el crecimiento de todos los genotipos se afectó por la presencia del nematodo, aún con la densidad poblacional menor (0,5 J_2.g de suelo^{-1}).

En frijol común (*P. vulgaris*) los niveles poblacionales iniciales (*Pi*) crecientes de *M. incognita* produjeron disminuciones significativas en la altura de las plantas del cultivar 'Cuba Cueto 25-9' con relación a las plantas testigo, con reducciones importantes del parámetro, donde el 70 % de esa reducción estuvo relacionada con la presencia del nematodo (R^2=0,70) (41). En el cultivar 'Nacional -29' de garbanzo (*C. arietinum*), las plantas parasitadas exhibieron amarillamiento y pobre follaje, constatándose que la disminución de la biomasa aérea fresca estuvo relacionada con el incremento (R^2= 0,95) de las poblaciones iniciales de *M. incognita* (44).

Un caso interesante resultó la soya (*G. max*) cv. 'INCASOY-36', que se comportó como resistente a *M. incognita* (Tabla 1), pero se afectaron, de forma significativa, la altura de las plantas, así como, la masa fresa (R^2=0,859), con los mayores valores, de ambos parámetros, en las plantas sin nematodos (testigos) y los menores en aquellas que se desarrollaron en presencia de las densidades poblacionales mayores. Estos resultaron sugirieron la condición resistente e intolerante del cultivar a *M. incognita* (43).

Un frutal que resulta especialmente afectado por nematodos formadores de agallas (*Meloidogyne* spp.) es el guayabo (*Psidium guajava* L.) y un grupo de la Universidad de Pinar del Río informó que los nematodos agalleros redujeron la masa fresca de los brotes, en esquejes de guayabo cv. 'N6' (58).

Los estudios, en los que se estimen las pérdidas y daños de los nematodos en cultivares que se utilizan en Cuba, son muy escasos; sin embargo, resultan imprescindibles para poder tener una mejor valoración de la relación costo/beneficio del Manejo Integrado de Nematodos (MIN) en cada caso.

- Estudios de complejos etiológicos

Los NPP afectan a las plantas de forma directa (por su parasitismo) e indirecto (por sus funciones en enfermedades de etiología compleja, junto a hongos, bacterias o virus). Estos complejos etiológicos son comunes en diversos territorios, cultivos y condiciones, lo que debe ser objeto de estudio para lograr eficaces estrategias para su manejo.

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se utilizó por el CENSA para iniciar, en Cuba, las investigaciones de enfermedades de etiología compleja en la década de los 80. En el marco de la colaboración con los doctores Bengt Eriksson y C. Magnusson de la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, se desarrollaron las investigaciones centradas en al complejo *Fusarium*-nematodos en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y su relación con la enfermedad Pokkah Boeng, como parte del trabajo experimental de la Tesis de Maestría de Lourdes Sánchez† (Fig. 1). Este tipo de estudio se acometió también, para esclarecer detalles del complejo *M. incognita* - *Phytophthora parasitica var. nicotianae* (59) en el desarrollo de la enfermedad "Pata Prieta" en cultivares de tabaco.

Las investigaciones de enfermedades complejas debería ser un tema de trabajo en diversos cultivos, conociéndose que, a nivel internacional, su presencia en hortalizas, frutales y otros rubros, producen pérdidas y tornan complejo el manejo en campo del patosistema.

- Nematodos como indicadores de salud de suelo

La salud de suelo se relaciona, directamente, con la productividad y salud de las plantas y se refiere la capacidad del suelo para funcionar como un sistema vivo, sosteniendo la productividad de plantas y animales, mejorando o manteniendo la calidad del agua y la salud de plantas y animales, siendo un aspecto crítico de la producción de cultivos (60).

En función de evaluar el estado de las redes tróficas presentes en los suelos, que son las responsables de diversos servicios ecosistémcos que estas redes (organismos) ofrecen, se desarrollaron índices o indicadores que proporcionan información de su estructura y del estado del suelo (61).

El Phyllum Nematoda constituyen uno de los componentes más importantes, numéricamente, de la fauna del suelo (62); pues los bacteriófagos consumen bacterias y los fungívoros se alimentan de hongos; estos nematodos están involucrados, indirectamente, en la descomposición y mineralización del nitrógeno, debido a su interacción con la microflora. Los depredadores se alimentan de otros grupos de nematodos e invertebrados; mientras que, los omnívoros incorporan fuentes de alimentación variada, que incluyen organismos de origen animal o vegetal. Por su parte, los herbívoros se alimentan de las raíces de las plantas y tejido vegetal, siendo los más conocidos, pues dentro de ese grupo están los NPP, que ocasionan daño a plantas de interés agrícola (63).

El primer acercamiento a este tema lo hizo el colectivo del CENSA, donde Hernández-Ochandía (64), efectuó el estudio de suelos destinados al cultivo de frijoles (*P. vulgaris*) en localidades de la Provincia Mayabeque, determinando la presencia de géneros representantes de los cinco grupos tróficos.

Este tipo de estudio debe ser acometido por otros grupos de trabajo, en cultivos de *Musa* spp., cafeto y cultivos temporales, los que pudieran ofrecer elementos para el manejo de los NPP:

- Estudios desarrollados en cultivos de importancia para la alimentación, exportación y sustitución de importaciones en Cuba. I. Diagnóstico y caracterización

Investigadores y profesores del MES trabajaron, con diferentes enfoques, los problemas nematológicos de caña de azúcar, cafeto, tabaco, granos y hortalizas, entre otros rubros, haciendo aportes al entendimiento y manejo de las poblaciones de NPP en diversas partes del país. Se resumen en este apartado los

A B

Figura 1. A) Dr. Bengt Eriksson (al centro) acompañado de las doctoras, Ondina León (extrema izquierda), Lourdes Sánchez†, Elsa Martínez† y Silvia Hernández. B) Portada de Tesis de MSc. de Lourdes Sánchez, presentada en Suecia en 1990 *(imágenes de archivo del Laboratorio de Nematología Agrícola del CENSA) / A) Dr. Bengt Eriksson (center) together with Ondina León (left), Lourdes Sánchez†, Elsa Martínez† and Silvia Hernández. B) Front cover of MSc. Thesis defended by Lourdes Sánchez in Sweden in 1990. (imagines from archive of Agricultural Nematology Lab at CENSA)*

resultados publicados, reconociendo que en las universidades decenas de estudiantes realizaron sus trabajos de diploma en estos estudios, pero los documentos se encuentran depositados en bibliotecas o departamentos, y el porcentaje publicado es mucho menor en comparación con lo estudiado.

Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.):

Este cultivo, desarrollado en Cuba desde la época colonial, fue objeto de atención de nematólogos del MES desde los años 60 y en 1971, Gateva y Gisela Pentón†, realizaron un estudio de fauna de nematodos asociados a la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) (6).

En Cuba, Martínez *et al*. (65) no señalaron a los NPP como plagas importantes de este cultivo y una década después, Pérez *et al*. (66), tampoco asignaron importancia a los NPP como plagas del cultivo. No obstante, algunas contribuciones hicieron investigadores del MES en el tópico de nematodos en caña de azúcar y su relación con el desarrollo de enfermedades en el cultivo.

Sánchez *et al*. (67) determinaron el efecto de complejo *M. incognita* - *Fusarium moniliforme* Sheld. sobre los cultivares 'Ja 60-5' y 'PR 980', determinándose que ambas fueron hospedantes de los dos organismos y que en 'Ja 60-5', la presencia de nematodos, limitó la colonización de las raíces por el hongo; sin embrago, en 'PR 980', los dos organismos actuaron de manera sinérgica y afectaron el desarrollo de las plantas.

Hacia el final de la década de los 90, se presentó en Cuba el denominado Síndrome de Amarillamiento de caña de azúcar (conocido como YLS por sus siglas en inglés). Desde el inicio, el estudio de la patología se realizó de forma multidisciplinaria y los NPP se evaluaron junto a otros organismos, de manera de determinar si tenían alguna función en el desarrollo de la enfermedad.

Los estudios desarrollados en el CENSA permitieron descartar la incidencia de nematodos fitoparásitos en la etiología de la enfermedad (68). Esta patología, provocada por el fitoplasma de la hoja amarilla, es una de las principales enfermedades de la caña en Cuba, por su distribución territorial, gama de cultivares que infectan y el costo de las medidas de control (69) por ello, tuvo relevancia el poder descartar a los nematodos como uno de los factores bióticos involucrados en la enfermedad.

Los NPP en suelos destinados a caña de azúcar no parecen tener relevancia en las condiciones de Cuba hasta la actualidad, según las autoridades fitosanitarias del sector; sin embargo, el conocimiento de la fauna de nematodos tiene importancia, en especial para aquellas zonas donde la caña sea sustituida por cultivos temporales como tubérculos, hortalizas y granos.

Cafeto (Coffea spp.):

El cultivo del cafeto se considera de gran importancia en Cuba. En zonas del occidente se informó la presencia de *Meloidogyne* spp y *Pratylenchus* spp. como géneros de NPP que afectan el cultivo, tanto en zonas llanas como en las montañas (70, 71); sin embargo, a pesar de que Martínez *et al*. (65) señalaron que solo dos especies de nematodos constituyen plagas importantes de cafeto en Cuba: *M. incognita* y *Pratylenchus coffeae* (Zimm.) Filipjev y Schuurmas; los estudios efectuados en el país evidenciaron que otras especies afectaron negativamente al cafeto.

Las investigaciones desarrolladas por el CENSA, relacionadas con los nematodos del cafeto, tuvieron como antecedente el estudio de Fernández *et al*. (72), quienes informaron la presencia de una nueva "forma" de *Meloidogyne* afectando áreas cafetaleras de la Provincia Granma. Ese informe se basó en el estudio de los patrones perineales de las hembras encontradas en las raíces de las plantas en esas zonas. En esa etapa Cuba no contaba con laboratorios que tuvieran técnicas avanzadas que permitieran realizar un diagnóstico definitivo; sin embargo, este informe sirvió para llamar la atención de las autoridades fitosanitarias del país y devino en cimiento de estudios posteriores que permitieron el diagnóstico definitivo de esta población.

El colectivo del CENSA trabajó para determinar las especies del género *Meloidogyne* que afectaban al cafeto en macizos montañosos del oriente, centro y occidente del país; incorporando los métodos citológicos que permitían visualizar y contar los cromosomas de hembras de *Meloidogyne* (73), elemento que contribuyó al diagnóstico de especies en el cafeto en zonas de los macizos montañosos (16). Esto permitió que Rodríguez *et al*. (74), sobre la base de estudios morfológicos y de número de cromosomas, sugirieron que la "forma" especial de *Meloidogyne*, referida antes como "forma especial" podría tratarse de poblaciones de *M. mayaguensis*.

En años posteriores, esta especie apareció en los textos del género como sinónimo junior (*syn. jun*.) de la especie *M. enterolobii* (75) y una población cubana procedente de III Frente Oriental, Santiago de Cuba, se estudió en Reino Unido de Gran Bretaña, ratificando que se trababa de esa especie, al emplear la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) con cebadores específicos y empleando en ese estudio, como referencias, poblaciones de *Meloidogyne enterolobii* (procedentes de Puerto Rico y África) y otras especies del género parásitas de cafeto en América y África (23).

Otros estudios, útiles para el manejo de nematodos agalleros en cafeto, estuvieron relacionados con la descripción de la sintomatología y daños en el cafeto;

la distribución en Cuba (16) y la evaluación de hospedantes para el monitoreo de poblaciones (15).

Otros aportes para el manejo de estas comunidades de nematodos agalleros, ofrecieron los estudios de malezas presentes en zonas cafetaleras y que representaron hospedantes de *Meloidogyne* spp., y *Rotylenchulus renifomis* Linford y Olivera (76, 77). Las investigaciones desarrolladas por el CENSA, relacionadas con los nematodos agalleros del cafeto, se incluyeron en la propuesta de Premio Academia de Ciencias (ACC) 1993, presentado por el INISAV; mientras que, la contribución al conocimiento de *M. enterolobii* (syn. jun *M. mayaguensis*.) en el cafeto en Cuba, recibió Premio ACC en 2003 (78).

Los estudios ejecutados en los años 90, permitieron determinar que *M. enterolobii* (syn. jun. *M. mayaguensis*) se encontraba confinada al oriente del país (16), elemento que tuvo relevancia en los análisis de riesgo de la especie y su inclusión en la categoría A2 en la lista de organismos cuarentenarios. Esta especie de *Meloidogyne* se considera una plaga emergente para la agricultura tropical y subtropical (79) y debe continuar su estudio en el país.

Este cultivo debe continuar siendo objeto de investigaciones, teniendo en cuanta las afectaciones que le ocasionan los nematodos agalleros presentes en el país y la proyección de su establecimiento en nuevas áreas en las zonas llanas.

Cítricos, frutales y banano / plátano

Estudios que se desarrollaron en plantaciones citrícolas en zonas de la región occidental de Cuba, revelaron la presencia en suelo y/o raíces de especímenes de los géneros *Tylenchulus, Tylenchus, Xiphinema, Tylenchorhynchus, Rotylenchus, Pratylenchus, Meloidogyne, Longidorus, Helicotylenchus, Ditylenchus, Aphelenchus, Aphelenchoides* y acotaron que *Tylenchulus semipenetrans* Cobb*, Helicotylenchus erythrinae* (Zimm.) Golden y *Heicotylenchus digonicus* Perry, *Criconemoides* y *Xiphinema* estaban distribuidos (70, 80, 81).

En los años 80, cuando el sector citrícola del país estaba en pleno desarrollo, Rodríguez y Sánchez (82) estudiaron la reacción de diversos genotipos frente a *T. semipenetrans* y determinaron que los patrones *Citrus volkameriana* Ten. y Pasq.*, Citrus aurantipholia* (Christm.) Swingle cv. 'Naranjo agrio de hoja fina'*, Citrus macrophyla* Wester*, Citrus aurantium* L. cv.'Jaguey I', *Citrus webberis* Ingram y Moore*, Citrus reticulata* Blanco*,* y los patrones (híbridos) *Citrange troyer* y *Citrange carrizo* fueron susceptibles. No obstante, el patrón *C. macrophyla* presentó el mejor desenvolvimiento, pues los valores de los parámetros altura y masa foliar y de raíces no difirieron, significativamente, a los exhibidos por el testigo sin nematodos. Este tipo de estudio debe ser retomado en la actualidad, cuando se pretende la recuperación de la agroindustria citrícola en el país.

En Guayabo (*Psidium guajava* L.), durante los años 70, comenzaron los estudios de la relación guayaba-nematodos formadores de agallas en la UCLV. La profesora María Elena Rodríguez Fuentes† y sus colaboradores (83) describieron la sintomatología que *Meloidogyne* spp., provocaba en las raíces de las plantas de guayaba y otros cultivos, de manera de ofrecer a especialistas y técnicos elementos que les permitiera poder identificar, en campo, la presencia de los nematodos agalleros en esos cultivos.

Desde esa temprana fecha, llamaron la atención sobre la necesidad de que, en la fase de vivero, el sustrato para la producción de guayaba estuviera libre de nematodos agalleros (84) y con relación a la coloración de las hojas del guayabo infestado por nematodos agalleros, destacaron que en las plantas afectadas se producían cambios de color en el follaje; donde plantas con siete u ocho años, con fuertes niveles de infestación y ramas secas, presentaban hojas con coloraciones rojizas, con mayor intensidad en guayabo 'Cotorrera' y que los síntomas no se presentaban, tan claramente, en plantas menores de cinco años. Todos estos elementos son de valor práctico para agricultores y técnicos.

En Vid (*Vitis vinifera* L.), cultivo que se desarrolla en Cuba, fundamentalmente, en el sector campesino (85) y posee importancia por su aporte a la sustitución de importaciones, se desarrolló el estudio de las especies de nematodos agelleros presente y de alternativas culturales para su manejo .

En esta investigación (86), desarrollada por un equipo del CENSA y la UNAH, utilizando como polígono el viñedo de un productor líder, ubicado en Güira de Melena, Provincia Artemisa, se evaluó el cultivar 'Aramond'. Se pudo constatar la presencia de *M. arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*. Del total de especímenes examinados, *M. arenaria* mostró ser componente mayoritario de la comunidad con un 53 %, seguido de *M. incognita* (21 %) y *M. javanica* (4 %). La presencia de *M. arenaria* en vid, representó el primer informe de la especie en este cultivo en Cuba y constituye foco de atención para el servicio fitosanitario, por ser una de las plagas más importante para la vid a nivel mundial.

Desde 2018, los NPP en plátano y banana (*Musa* spp.) son objeto de estudio de un grupo de investigadores del CENSA que fueron invitados por el Dr. Aurelio Ciancio del Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, Italia, a participar en el proyecto " ***Microbial Uptakes for Sustainable management of major bananA pests and diseases*** ", cuyo acrónimo es MUSA que pretende fortalecer el manejo sostenible de plagas de nematodos y picudo del banano - plátano con enfoque de manejo integrado, combinando agentes de control biológico endófitos (ACBEs) y la resistencia/ tolerancia de las plantas.

En el marco del proyecto MUSA, al que se integraron también dos entidades del MINAG, el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) y la Biofábrica Mayabeque, se determinaron los NPP asociados a 22 genotipos seleccionados y las plantas arvenses que se constituyen en hospedantes de nematodos, en la Colección Nacional de *Musa* spp. del INIVIT; determinándose también que *Commelina diffusa* Burm. F. representó nuevo hospedante de *Meloidogyne* sp. (87).

Hortalizas

Tradicionalmente, las hortalizas se desarrollaron en Cuba, a "campo abierto"; sin embargo, en los 90 se incorporan las formas productivas de agricultura urbana y familiar (huertos y organopónicos) y, hacia finales de esa década, se introduce también la tecnología de producción protegida de hortalizas. En las diversas formas de producción de hortalizas, los nematodos agalleros y su efecto sobre las hortalizas, fueron objeto de investigación por parte de especialistas y profesores del MES.

Campo abierto: los problemas de nematodos son, de manera general, menos intensos que en otros sistemas, pues la preparación de los suelos, la acción del sol y las rotaciones de cultivos disminuyen las poblaciones. No obstante, un interesante estudio desarrollado en Granma en el pimiento, evidenció el parasitismo de *M. incognita* en diversos cultivares. Estos estudios desarrollados en condiciones de campo abierto por Castillo (36) entre 1981 y 1987, en suelos aluvial pardo y vertisuelo, arrojaron que el ciclo de vida de *M. incognita* en los cultivares de pimiento (*C. annuum*) `California Wonder´, `Español´, `Medalla de Oro´, `Tropical CW3´ y `Chay´, tuvo una duración entre 22 y 32 días, dependiendo de las temperaturas y humedad del suelo.

Con relación a la producción en los sistemas de agricultura urbana, suburbana y familiar, estos poseen una forma de producción intensiva, con rotaciones de cultivos todo el año e incorporan altos volúmenes de abonos orgánicos y otros materiales a los sustratos que hacen que los problemas de nematodos sean más limitados.

Por su parte, en la producción protegida de hortalizas, que se introdujo en Cuba a finales del siglo XX, se presentaron graves afectaciones por nematodos agalleros (*Meloidogyne* spp.). En estos sistemas, los cultivos están protegidos de la acción directa de la radiación solar, poseen ciclos de cultivo de hasta seis meses, emplean híbridos importados, utilizan fertilizantes y plaguicidas químicos, presentándose la incidencia de nuevas plagas y/o la elevación de las poblaciones de otras, a niveles incompatibles con la obtención de rendimientos aceptables (88). En Cuba, se producen en estas instalaciones tomate, pimiento, melón y pepino, especies que son afectadas por nematodos agalleros en prácticamente todo el país, donde ocasionan severo agallamiento en las raíces y afectaciones en el desarrollo y producción de estos cultivos.

Con relación a los estudios de las especies de nematodos asociados a las hortalizas en Cuba, desarrollados por investigadores del MES, se pudo corroborar que, tal como señalaron Fernández *et al* (89), *M. incognita* representa una de las especies más distribuidas, tanto en condiciones de campo abierto, como en la producción protegida (18, 36, 90); sin embargo, otras dos especies aparecen localmente, *M. arenaria* y *M. enterolobii*.

En una encuesta de nematodos agalleros se desarrolló a mediados de los años 2000 por el equipo de trabajo del CENSA, como parte del trabajo experimental de una tesis de doctorado de uno los miembros del grupo (18), se visitaron y extrajeron muestras de suelo y raíces de diversas entidades de producción protegida ubicadas en nueve provincias, entre marzo del 2003 y febrero del 2006. En este estudio se pudieron identificar las especies de nematodos agalleros que parasitaban los cultivos y caracterizar una población atípica que parasitó col de repollo (*Brassica oleracea* Lin. *var capitata* L.).

En la encuesta se obtuvieron poblaciones de las especies *M. incognita, M. arenaria, M. enterolobii* (*syn. jun*. *M. mayaguensis*) y *Meloidogyne* spp., con presencia de la primera especie en todas las instalaciones evaluadas y de *M. enterolobii* en casas ubicadas en Santa Clara, Provincia Villa Clara (18).

Una investigación anterior, producto de la visita a Cuba de investigadores italianos que colaboraron con la Dra. Lourdes Sánchez†, tuvo como resultado el informe de *M. enterolobii*, en aquel momento denominada *M. mayaguensis*, parasitando plantas de tomate que crecían en casas de cultivo en La Habana (17).

Por su parte, el estudio de la población de nematodo agallero que parasitaba la col de repollo en una instalación de cultivo protegida, donde esta crucífera se sembró para disminuir las poblaciones de estos nematodos, se identificó como *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood (18).

Relación genotipos de hortalizas-nematodos agalleros

Los estudios de la relación *Meloidogyne* - cultivares / híbridos de hortalizas se enfocaron en la evaluación del comportamiento como resistente o susceptible de los genotipos de plantas frente a poblaciones de *Meloidogyne* spp. Otros estudios, desarrollados por el CENSA, tuvieron como objetivo determinar la reacción de diferentes genotipos para incorporarlos, como patrones o porta-injertos, al programa de injerto herbáceo citado antes en este trabajo. Se evaluaron, utilizando la metodología

sugerida internacionalmente, fundamentada en la reproducción del nematodo y no en el índice de agallamiento, numerosos genotipos de solanáceas silvestres y cultivables con resistencia y/o toleran cia a nematodos. (Tabla 1)

Se desatacaron, como resistentes a *M. incognita*, a *Solanum torvun* (37) y *S. lycopersicum* cv. 'Rossol', 'Beauford' y 'Motelle' (38); cultivares con potencialidades como portainjertos. La efectividad de los cultivares seleccionados como porta-injertos se evaluó en condiciones de campo durante varios años y por sus resultados estables se incorporó al cultivar 'Rossol' como porta - injerto en el Programa de Injerto Herbáceo en el país. Los aportes de los estudios de relaciones plantas - nematodos, conllevaron a la metodología de injerto herbáceo en Cuba, como alternativa para el manejo de *Meloidogyne* en la producción protegida.

Los resultados relacionados con la respuesta susceptible / resistente a *M. incognita* se incorporaron también al Manual para la producción protegida de hortalizas editado recientemente y a los documentos editados por el Proyecto del Protocolo de Montreal (MP/CUB/04/133) de la ONUDI (49).

Tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)

El grupo de investigación del CENSA, liderados por Lourdes Sánchez†, desarrolló investigaciones en el tabaco (*N. tabacum*) en condiciones de producción y semi-controladas; su muerte prematura, impidió la publicación de diversos resultados y algunos de sus principales hallazgos de sinterizan en este apartado, en homenaje a su labor y como forma de socializarlos.

En el estudio de los suelos de San Juan y Martínez en la Provincia Pinar de Río, Lourdes Sánchez (datos no publicados) encontró 10 géneros y 27 especies, asociadas al suelo y/o las raíces de los cultivares de tabaco 'Speight G 28' y 'Corojo' (cultivados al sol y tapado).

Los nematodos encontrados en ese estudio fueron: *Aphelenchoides goodeyi (*Siddiqi y Franklin), *Aphelenchoides* sp., *Aphelenchoides subtenuis* (Cobb, Steiner y Buhrer); *Aphelenchus avenae* (Bastian), *Aphelenchus eremitus* (Thorne) y *Aphelenchus* sp.; *Mesocriconema curvatum* (Raski) Loof & De Grisse); *Criconemoides incisus* (Raski & Golden) *y Criconemoides ornatus (*Raski) , *Ditylenchus* sp., *Ditylenchus emus* (Khan, Chawla & Prasad), *Ditylenchus medicaginis* (Wasilewska), *Ditylenchus miceliophagus* (Goodey), *Helicotylenchus concavus* (Roman), *H. digonicus* (Perry), *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus agilis* (Thorne y Malek), *Pratylenchus brachyurus* ((Godfrey) Filipjev y Schuumans), *Pratylenchus scribneri* (Steiner), *Pratylenchus zeae* (Graham); *Rotylenchulus sp., R. reniformis; Trichodorus* sp., *Tylenchorhynchus annulatus* ((Cassidy) Golden), *Tylenchorhynchus nudus* (Allen) y *Tylenchorhynchus* sp.

Con relación a las especies de nematodos agalleros que parasitaron al tabaco en esa zona productiva, se determinó la existencia de *M. incognita, M. arenaria, M. javanica* y patrones que sugirieron la presencia de *Meloidogyne grahami* Golden y Slana, cuyo diagnóstico confirmatorio posterior, con el uso de herramientas de biología molecular, no pudo concretarse.

En el seguimiento que hizo el equipo de trabajo del CENSA, durante tres año, en cinco campos, evidenció que, con el transcurso de los años, se incrementó el índice (grado) de agallamiento de las plantas y, de manera general, aumentó el número de plantas que tuvieron que extraerse por afectaciones del hongo *Phytophthora nicotianae* (Breda de Haan), y como consecuencia, el porcentaje de afectación por la enfermedad "pata prieta", todo lo cual sugería la existencia de complejos etiológicos entre nematodos y hongo. Posteriormente, en condiciones semi-controladas en el CENSA, se realizó la evaluación de los cultivares de tabaco 'Criollo' y 'Corojo' frente a *M. incognita* raza 2 y *Phytophthora nicotianae* (59). Se comprobó la existencia de un complejo etiológico entre ambos organismos que conllevó a un aumento en el número de plantas con síntomas y la severidad de la enfermedad conocida como "Pata Prieta" en ambos cultivares, más marcado en 'Corojo', en presencia de las dos densidades poblacionales mayores.

Los estudios de las interacciones nematodos-*P. nicotianae* deben ser objeto de investigaciones futuras que involucren al Instituto de Investigaciones del Tabaco y a nematólogos, teniendo en consideración que es la institución encargada de la generación de cultivares nacionales y la importancia estratégica de este cultivo para el desarrollo del país.

Granos

En años recientes, se intensificaron los estudios de la relación *Meloidogyne* spp. y cultivares de *P. vulgaris* en el marco de sendos proyectos liderados por el CENSA y financiados por el Programa Nacional de Salud Animal y Vegetal: "Diagnóstico y manejo de plagas en granos con énfasis en el desarrollo y uso de productos bioactivos" y "Uso eficiente de genotipos de cultivos de valor estratégico y su respuesta ante especies de *Meloidogyne*". Estos estudios permitieron conocer el LT, E, y la respuesta resistente / susceptible de diversos genotipos (Tabla 1), realizar el compendio de los resultados obtenidos en Latinoamérica en esta temática (91), el desarrollo de un software y la formación de estudiantes de pregrado, de la Facultad de Agronomía de la UNAH.

Estudios en cultivos emergentes

Las especies *Morus alba* L. (morera) y *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) son cultivadas en diversas zonas del país, como parte de programas de desarrollo de alimento animal y fuentes de productos de alto valor en la salud humana, respectivamente (92, 93). Sin embargo, resulta escasa la información acerca de las plagas que los afectan en las condiciones de Cuba y no se conocen los nematodos que parasitan estas plantas.

El colectivo de Nematología del CENSA, de conjunto con especialistas y obreros de la Entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación (ECTI) "Sierra Maestra", efectuaron muestreos en áreas de cultivo de ambas especies en la zona occidental del país y encontraron la presencia en las raíces, de hembras cuyos patrones perineales esbozaban la presencia de *M. incognita* y *M. arenaria* (94). La sintomatología apreciada sugiere la presencia de altas densidades poblacionales en los sitios muestreados y la necesidad de evaluar, el impacto de estos nematodos en el crecimiento y producción de ambas especies en las condiciones de Cuba.

CONCLUSIÓN

Numerosos y valiosos fueron los aportes que especialistas de diversas instituciones del Ministerio de Educación Superior, de conjunto con colegas de otras entidades, realizaron al desarrollo de la Nematología Agrícola en Cuba en los aspectos relativos a estudios de identificación, caracterización y relación con las plantas hospedantes de géneros/ especies de nematodos parásitos de plantas; destacándose la combinación de métodos clásicos y moleculares en la identificación de poblaciones de *Meloidogyne*.

AGRADECIMIENTOS

Dedicado a las Doctoras Loudes Sánchez Portales, María Elena Rodríguez Fuentes, Gisela Pontón Pedraja y Luisa Diaz Viruliche *in memorian*, por el legado de enseñanzas y altruismo dejado a este grupo de trabajo del CENSA. A Roberto Enrique Regalado, por acompañarnos en estos más de 40 años, su entusiasmo y aportes. A los estudiantes de pre y postgrado por sus contribuciones en cada trabajo.

REFERENCIAS

1. Nicol JM, SJ Turner, DL Coyne, L den Nijs, S Hockland, Z Tahna Maafi. Current Nematode Threats to World Agriculture. En Jones *et al*. (eds.), Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions. Springer Science + Business Media B.V. 2011: 21-43 DOI 10.1007/978-94-007-0434-3_2
2. Rodríguez MG, E Fernández, L Hidalgo-Díaz, R Cuadra, JM Draguiche, H Gandarilla, *et al*. Cuba: two decades working on integrated nematode management in agricultural cropping systems. Jour. Nematology. 2014; 46(2): 227-228
3. Cruz X, Cuadra R, Ortega J. La historia del desarrollo científico de la Nematología en el INIFAT. Revista Agrotecnia de Cuba. 2005; 29: .836-846. Disponible en: https://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2055/1/La%20historia%20del%20desarrollo%20cient%C3%ADfico%20de%20la%20nematolog%C3%ADa%20en%20el%20INIFAT.pdf (acceso: 25 marzo 2019).
4. Manzanilla-López RH, Queneherve P, Brito JA, Giblin-Davies R, Franco J, Román J, *et al*. Contributions by Latin-American nematologists to the study of nematode plant disorders and related impact on crop production. En B Eriksson, D McNamara, J Webster (Eds). An anecdotal history of Nematology. 2008. Pp. 191-218 ISBN: 978-954-642-426 (e-book).
5. Fernández E. Manejo de fitonematodos en la agricultura cubana. Fitosanidad. 2007; 11 (3): 57-60
6. Biblioteca Nacional "José Martí". Bibliografía Cubana. 1978. La Habana, Cuba. 1979: 150.
7. Rodríguez ME. Nematología Agrícola. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 1984. 176 pp.
8. McSorley R. Extraction of nematodes and sampling methods. En RH Brown, BR Kerry (eds). Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press. 1987. Pp 13-47. ISBN: 0 12 137640
9. Hernández-Ochandia D, MG Rodríguez, I Miranda, R Holgado. Métodos para la extracción de nematodos presentes en suelos del agrupamiento Ferralítico en Cuba Rev. Protección Veg. 2016; 31 (3): 228-232. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs866.
10. Peacock F C. Studies on root knot nematodes of the genus *Meloidogyne* in the Gold Coast. Part II. The effect of soil moisture content on survival of the organism. Nematologica. 1957; II: 114-122
11. Taylor AL, JN Sasser. Biology, identification and control of root-knot nematodes *(Meloidogyne species)*. International *Meloidogyne* Project. Contract No AID/ ta-c-1234. A Cooperative of Department of Plant Pathology North Caroline State University and USDA. 1978. 155 pp
12. Singh J, HS Gaur. A quick bioassay technique for estimation of Root-knot Nematode infestation levels in soil. Annals of Plant Protection Sci.1994; 2(2): 52-54.
13. McSorley R, K Pohronezny. A simple bioassay as a supplement to soil extraction for detection of root-knot nematodes. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla. 1981; 40: 121- 123.

14. Rodríguez I, L Sánchez, M G Rodríguez. Uso de cuatro especies de plantas como indicadoras de *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica*. Rev. Protección Veg. 1995; 10:59-63
15. Rodríguez MG, L Sánchez, R Enrique. Evaluación de nuevos hospedantes para el monitoreo de poblaciones de *Meloidogyne* spp., presentes en el cafeto. Rev. Protección Veg. 1999; 14 (1): 51-54
16. Rodríguez MG, I Rodríguez, L Sánchez. Especies del género *Meloidogyne* que parasitan el cafeto en Cuba. Distribución geográfica y sintomatología. Rev. Protección Veg. 1995; 10: 123-128
17. Molinari S, F Lamberti, R Crozzoli, SB Sharma, L Sanchez. Isozyme patterns of exotic *Meloidogyne* spp. populations. Nematol. Medit. 2005; 33: 61-65.
18. Gómez L. Diagnóstico de nematodos agalleros y prácticas agronómicas para el manejo de *Meloidogyne incognita* en la Producción Protegida de Hortalizas. [Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Universidad Agraria de la Habana - Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Cuba. 2007. 100 pp.
19. Sánchez L, MG Rodríguez. Estimación de niveles de inóculo de *Meloidogyne incognita* a través de planta indicadora. Rev. Protección Veg. 2000; 15 (2): 109-113.
20. Rodríguez MG, L Sánchez, I Rodríguez. Caracterización de tres poblaciones cubanas de *Meloidogyne incognita*. Rev. Protección Veg. 1998; 13 (2): 107-113.
21. Rodríguez MG, L Sánchez, I Rodríguez. Caracterización de dos poblaciones cubanas de *Meloidogyne arenaria*. Rev. Protección Veg. 1995; 10: 275-282.
22. Rodríguez MG, I Rodríguez, L Sánchez. Elementos de la morfología y número de cromosomas de una población de *Meloidogyne javanica* que afecta al tabaco en Pinar del Río. Rev. Protección Veg. 1997; 12 (1): 57-59.
23. Rodríguez MG. Identificación y caracterización de *Meloidogyne mayaguensis* en el cafeto en Cuba. [Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez". La Habana, Cuba. 2000. 145 pp.
24. Iglesia A, L Hidalgo, MG Rodríguez, L Sánchez. Método para la extracción de ADN de nematodos. Rev. Protección Veg. 1998; 13 (2): 135-136.
25. Hernández-Ochandía D, Y Arias, L Gómez, B Peteira, I Miranda, MG Rodríguez. Elementos del ciclo de vida de población cubana de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en *Solanum lycopersicum* L. Rev. Protección Veg. 2012; 27 (3): 188-193. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs88.
26. Cuadra R, Cruz X, Fajardo LJ. Los cultivos de ciclo corto como plantas trampa para el control del nematodo agallador. Nematropica. 2000; 30(2):241-246.
27. Cook R, K Evans. Resistance and tolerance. En RH Brown, B Kerry (Eds.) Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press. 1987. Pp 179 -232.
28. Roberts PA. Concepts and Consequences of Resistance. En J.L. Starr, R. Cook and J. Bridge (Eds). Plant Resistance to Parasitic Nematodes.CAB International. 2002. 23-41pp.
29. Starr JL, J Bridge, R Cook. Resistance to Plant-parasitic Nematodes: History, current use and future potential. En JL Starr, R Cook, J Bridge (eds). Plant Resistance to Parasitic Nematodes. CAB International. 2002. Pp 1- 22.
30. Navarro-Barthelemy L, L Gómez, R Enrique, FM González, MG Rodríguez. Comportamiento de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Rev. Protección Veg. 2009; 24 (1):54-56. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs549.
31. Rodríguez MG, L Gómez, FM González, Y Carrillo, M Piñón, O Gómez, AS Casanova, M Álvarez, B Peteira. Comportamiento de genotipos de la familia Solanaceae frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoig y White) Chitwood. Rev. Protección Veg. 2009; 24 (3): 137-145. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs453.
32. Calvo E. Susceptibilidad de variedades de cultivo agrícolas frente a una población de *Meloidogyne incognita* (Nematoda: Meloidogynidae). Revista Cubana de Ciencias Biológicas. 2012; 1 (1): 44-48.
33. Gómez L, R Enrique, D Hernández-Ochandía, I Miranda, E González, B Peteira, MG Rodríguez. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum lycopersicum* L. frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoig y White) Chitwood. Rev. Protección Veg. 2012; 27 (2): 111-116. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs108.
34. González FM. Selección de portainjertos de tomate (*Solanum ly copersicum* L.) como táctica para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood raza 2 en el sistema de cultivo protegido [Tesis de Doctorado]. La Habana: Editorial Universitaria. 2016. Disponible en http://bdigital.reduniv.edu.cu/fetch.php?data=1437&type=pdf&id=1438&db=2
35. Rodríguez I, L Sánchez, R Enrique. Susceptibilidad de seis cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* raza 2. Rev. Protección Veg. 1995; 10: 87-89.
36. Castillo AM. Biología y control fitotécnico de *Meloidogyne incognita* en pimiento en la

Provincia Granma. [Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de Bayamo - Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Cuba. 1988. 100 pp.

37. Gómez L, MG Rodríguez, L Sánchez, FM González, A. Casanova. Potentialities of *Solanum torvum* as a resistant plant to *Meloidogyne incognita* for vegetable grafting. Rev. Protección Veg. 2005; 20 (2): 139.
38. González FM, L Gómez, MG Rodríguez, M Piñón, A Casanova, O Gómez, *et al*. Respuesta de genotipos de solanáceas frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood Raza 2 y *M. arenaria* (Neal) Chitwood. Rev. Protección Veg2010; 25 (*1):* 51-57. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs283.
39. Iglesia A, L Sánchez, MG Rodríguez, I Rodríguez. Evaluación de la susceptibilidad de seis especies cultivables al ataque de *Meloidogyne incognita*. Rev. Protección Veg. 1996; 11(1): 59-61.
40. Rodriguez I, MG Rodríguez, L Sánchez, A Iglesia. Expresión de resistencia a *Meloidogyne incognita* en cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*). Rev. Protección Veg. 1996; 11 (1): 63-65.
41. Hernández-Ochandia D, MG Rodríguez, I Miranda, H Hernández, R Holgado. Reacción de los genotipos BAT-306 y Triunfo-70 de *Phaseolus vulgaris* L. a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Rev. Protección Veg. 2016; 31 (3): 224-227. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs865.
42. Hernández-Ochandia D, MG Rodríguez, I Miranda, E Moreno-León, I Castro-Lizazo, B Peteira, *et al*. Reproducción y efecto nocivo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en *Phaseolus vulgaris* L. 'Cuba-Cueto-25-9'. Rev. Protección Veg. 2018; 33 (2):1-9. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs952.
43. Rodríguez M G, D Hernández-Ochandía, I Miranda, B Peteira, I Castro-Lizazo, E Moreno, *et al*. Resistencia del genotipo INCASOY-36 (*Glycine max* (L.) Merrill.) a población cubana de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Cultivos Tropicales. 2018; 39 (4): 60-65. Cu-ID: https://cu-id.com/2050/ojs1481.
44. Rodríguez MG, D Hernández-Ochandía, I Miranda, E Moreno León, I Castro-Lizazo, B Peteira. Reproducción y patogenicidad de *Meloidogyne incognita* en garbanzo cultivar 'Nacional-29'. Centro Agrícola, 2019; 46 (3): 16-21.
45. Hernández MA, Gómez L, Rodríguez MG, Enrique R, Miranda I. Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) para su uso como plantas trampas de *Meloidogyne incognita* Kofoid y White (Chitwood). Rev. Protección Veg. 2008; 23 (2): 99-103.
46. Rodríguez MG, L Sánchez, J Rowe. Host status of agriculturally important plant families to root-knot nematode *Meloidogyne mayaguensis* in Cuba. NEMATROPICA. 2003; 33(2): 125-130.
47. Álvarez M, RM Lara, J Rodríguez, R Fernández Cuartero. Incorporación del gen *Mi* a variedades de tomate mediante el marcador Aps-1. Cultivos Tropicales. 2006; 27 (3): 69-73. Cu-ID: https://cu-id.com/2050/ojs367.
48. Ortiz R, C de la Fé, M Ponce. INCASOY-36: Variedad de soya obtenida en Cuba a partir de la inducción de mutaciones con los rayos Gamma de $_{60}$CO. Cultivos Tropicales. 2008; 29 (3): 73. Cu-ID: https://cu-id.com/2050/ojs238.
49. Pérez Montesbravo E. (Compilador). Tecnologías en el proceso de eliminación del bromuro de metilo en tratamientos al suelo en Cuba. Editorial CIDISAV (Cuba). 2012. 246 pp. ISBN: 978-959-7194-49-1
50. González FM, AS Casanova, MG Rodríguez, I Miranda. Influencia de portainjertos resistentes a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood sobre la calidad de las plántulas injertadas y la producción del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones protegidas. Agrotecnia de Cuba. 2016; 40 (1): 12-25.
51. González FM, AS Casanova, MG Rodríguez, JM Salgado, I Miranda. Comportamiento de portainjertos sobre el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones protegidas. Agrotecnia de Cuba. 2017; 41 (1): 31 - 40.
52. Schomaker CH, TH Been. Plant growth and population dynamics. En RN Perry & M Moens (eds). Plant Nematology. 2006. CABI. Pp. 276-345.
53. Seinhorst JW. The common relation between population density and plant weight in pot and micro plot experiments with various nematode plant combinations. Fundamental and Applied Nematology. 1998; 21: 459-468.
54. Ferris H, Noling JW. Analysis and prediction as a basis for management decisions. En RH Brown, BR Kerry (Eds). Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press. 1987. Pp. 49- 85.
55. Seinhorst JW. The relation between nematode density and damage to plant. Nematologica. 1965; 11:137-154.
56. Seinhorst JW. Dynamics of populations of plant parasitic nematodes. Ann. Rev. Phytopathol. 1970; 8:131-156.
57. Pineda Medina D, I Miranda Cabrera. ITSein: un softeware para el cálculo del indice de

tolerancia a nematodos agalleros de cultivos de importancia económica. Certificado de Registro. Registro Facultativo de Obras Protegidas y de Actos y Contratos referidos al Derecho de Autor. Registro 3384-10-2018. Centro Nacional de Derecho de Autor de la República de Cuba. 2018..

58. Dago Dueñas Y, Y Santana Baños, A del Busto Concepción. Incidencia de nematodos formadores de agallas asociados a *Psidium guajava* L. Avances. 2018; 20 (3): 356-362.
59. Sánchez L, R Enrique, I Rodríguez, MG Rodríguez. Efecto del complejo *Meloidogyne incognita - Phytophthora parasitica var. nicotianae* en dos variedades de tabaco. Rev. Protección Veg. 1996; 11(1): 13-18.
60. Kariuki GM, LK Muriuki, EM Kibiro. The impact of suppressive soils on plant pathogens and agricultural productivity. En MK Meghvansi & A Varma (eds.). Organic amendments and soil suppressiveness in plant disease management. Soil Biology 46. Springer International Publishing Switzerland. 2015. Pp.3-25.
61. Sánchez Moreno S, M Talavera. Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. Ecosistemas. 2013; 22(1):50-55.
62. Bongers T, M Bongers. Functional diversity of nematodes. Applied Soil Ecology. 1998; 10:239-251.
63. Neher DA, CL Campbell. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. Aplied Soil Ecology 1994; 1:17-28.
64. Hernández-Ochandía D. Nematodos edáficos como bioindicadores para el cultivo del frijol (*Phaseolus vugaris* L.) y nocividad potencial de la especie fitoparásita dominante. [Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 2018. 100 pp.
65. Martínez E, Barrios Sanromá G, Rovesti L, Santos Palma R(Eds). Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), Cuba. Editora Entre Pueblos, España. Grupo di Volontariato Civile (GVC), Italia. 485 pp. 2006
66. Pérez H, I Rodríguez, M Rodríguez, R González. Control fitosanitario en agroecosistemas de la caña de azúcar. Revista CUMBRES. 2017; 3(1): 101- 109.
67. Sánchez L, C Magnusson, I Rodríguez, MG Rodríguez. Respuestas de dos variedades de caña frente al complejo *Meloidogyne incognita - Fusarium moniliforme*. Rev. Protección Veg. 1994; 9: 37-44.
68. Rodríguez MG, L Sánchez. Nematodos asociados a plantas de caña de azúcar en Cuba con síntomas de amarillamiento (YLS) y sin éstos. Rev. Protección Veg. 2002; 17 (1): 59-63.
69. Chinea A, E Rodríguez, G Pérez, A Chinea, Y Pérez. Actualización del inventario de enfermedades de la caña de azúcar detectadas en Cuba. ATAC (Cuba). 2012; 1: 33-37.
70. Farouk M, E Arteaga. Incidencia de nematodos fitoparasitos en la provincia de La Habana. CIENCIAS: Serie 11 Sanidad Vegetal (Universidad de la Habana, Cuba). 1975: 1-23.
71. Rodríguez MG, L Sánchez, ME Rodríguez. Plant parasitic nematodes associated to coffee crop (*Coffea arabica*) in Cajálbana, Cuba. Rev. Protección Veg. 2000; 15 (1): 38-42.
72. Fernández E, H Gandarilla, H Sariol. Observaciones sobre una nueva forma de *Meloidogyne* Goeldi, que ataca el cafeto (*Coffea arabica* L.) en Cuba. En 1ra Jornada Científica de Sanidad Vegetal - Cienfuegos, Cuba. Tomo 3. 1981.Pp. 84- 89.
73. Triantaphyllou A. Cytological methods for the study of oogenesis and reproduction of root-knot nematodes. En KR Barker, CC Carter & JN Sasser (Eds.). An Advanced Treatise on *Meloidogyne.* Vol. II: Methodology. Dept. Plant Pathology and United State Agency for International Development. North Carolina State University Graphics. USA. 1985.Pp. 107-114.
74. Rodríguez MG, L Sánchez, I Rodríguez, R Enrique. Detalles acerca de una nueva especie del género *Meloidogyne* que parasita el cafeto en Cuba. Rev. Protección Veg. 1989; 4: 88-90.
75. Hunt DJ, ZA Handoo. Taxonomy, identification and principal species. En RN Perry, M Moens, JL Starr (Eds). Root-knot Nematodes. 2009. CAB Internationa. Pp. 55-97.
76. Palenzuela I, Sánchez L, Rodríguez ME, Rodríguez MG, Rodríguez I, Díaz LE, *et al*. Relación entre *Commelina diffusa* y *Rotylenchulus reniformis* en cultivo de cafeto. Rev. Protección Veg. 1987; 2(3):239-244.
77. Rodríguez MG, L Sánchez, R Enrique, I Rodríguez. *Portulaca pilosa* L., nuevo hospedante de *Meloidogyne incognita* en Cuba. Rev. Protección Veg. 1991; 6: 85-86.
78. Borroto O, Borroto C, MT Cornide, S Díaz, MT Frías, O Muñíz *et al*. Análisis de los Premios Academia de Ciencias de Cuba sesión de Ciencias Agrarias y de la Pesca (1996-2010). Rev. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba. 2011; 1 (1): 1-30.
79. Rodríguez, MG, L Gómez, B Peteira. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah y Hirschmann, emergent pest for tropical and subtropical agriculture. Rev. Protección Veg. 2007; 22 (3): 183-198.
80. Núñez E, G Pentón, F Vázquez. Género *Helicotylenchus* asociado a cuatro variedades de cítricos. Rev. Protección Veg. 1988; 1: 32-37.

81. Rodríguez ME, L Sánchez, I Rodríguez, A Fraga. Nematofauna parasítica de los cítricos en Ceiba del Agua y Jagüey Grande, Cuba. Rev. Protección Veg. 1988; 3: 254-260.
82. Rodríguez ME, L Sánchez. Pruebas de patogenicidad de *Tylenchulus semipenetrans* en ocho patrones del género *Citrus*. Rev. Protección Veg. 1986; 1: 209-216.
83. Rodríguez ME, J Añorga, Y Morales. Sintomatología radicular producida por *Meloidogyne* en ocho cultivos en Cuba. Centro Agrícola. 1976; 3(1): 41-69.
84. Añorga J, ME Rodríguez. Importancia de los niveles de infestación de *Meloidogyne* sp. en el cultivo del guayabo. Centro Agrícola. 1978; 5 (1): 47-53.
85. de la Fé C, Hernández O, Palacios J, González E. Desarrollo del cultivo de la vid en el sector campesino-cooperativo del occidente de Cuba. Cultivos Tropicales. 2001; 22(4): 43-49. Cu-ID: https://cu-id.com/2050/ojs678.
86. Rodríguez MG, D Hernández, R Enrique, L Gómez, L Díaz-Viruliche, B Peteira. Sintomatología y especies de *Meloidogyne* asociadas a vid (*Vitis vinifera* L. cv. Aramond) en Güira de Melena, Artemisa. Rev. Protección Veg. 2011; 26 (2): 111-117. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs167.
87. Ventura-Chávez V, D Hernández-Ochandía, B Peteira, MG Rodríguez. *Commelina diffusa* Burm. F., nuevo hospedante de *Meloidogyne* sp. en Cuba. Rev. Protección Veg. 2019; 34 (3): 1-5. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs1049.
88. Rodríguez MG, L Sánchez, L Gómez, L Hidalgo, E González, M Gómez, *et al*. *Meloidogyne* spp., plaga de las hortalizas: Alternativas para su manejo en sistemas de cultivos protegidos. Rev. Protección Veg. 2005; 20 (1): 1-10.
89. Fernández E, Pérez M, Gandarilla H, Vázquez R, Fernández M, Paneque M, *et al.* Guía para disminuir infestaciones de *Meloidogyne* spp., mediante el empleo de cultivos no susceptibles. Boletín Técnico, Sanidad Vegetal. 1998; 4(4):1-18.
90. Peláez A. Densidad de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en cultivos protegidos de la Empresa Agropecuaria República Dominicana. Rev. Protección Veg. 2014; 29 (2): 151. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs479.
91. Hernández-Ochandía D, MG Rodríguez, R Holgado. Nematodos parásitos que afectan *Phaseolus vulgaris* L.- en Latinoamérica y Cuba: especies, daños y tácticas evaluadas para su manejo. Rev. Protección Veg. 2018; 33 (3): 1-17. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs976.
92. Martín GJ, Y Noda, G Pentón, D E García, F García, E González, *et al.* La morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. Pastos y Forrajes. 2007; 30 (Número especial): 3-19.
93. Puig Y. Los resultados de la entidad Sierra Maestra se consolidan. 18 abril 2019. Disponible en: www.granma.cu (consulta: 0cture 8, 2019).
94. Rodriguez Hernandez MG, Hernandez-Ochandia D. Nuevos hospedantes de *Meloidogyne* spp. para Cuba. Rev. Protección Veg. 2020; 35 (1): 1-8. Cu-ID: https://cu-id.com/2247/ojs1088.

Declaración de conflicto de intereses: La autora declara que no tiene conflicto de intereses
Contribución de los autores: Mayra G. Rodríguez Hernández: **Conceptualización, investigación, curación de datos, elaboración de manuscrito, revisión y edición final.**

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)