



Fitonematodos asociados a accesiones seleccionadas de la colección cubana de germoplasma de *Musa* spp.

Plant parasitic nematodes associated to selected accessions in *Musa* spp. Cuban germplasm collection

^{1,2}Vánier Ventura Chávez^{1*}, ^{1,2}Belkis Peteira Delgado-Oramas², ^{1,2}Lianet González Díaz¹,
²Daine Hernández-Ochandía², ²Ileana Miranda Cabrera², ²Roberto Enrique Regalado²,
²Mayra G. Rodríguez Hernández²

¹Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Apartado 6, Santo Domingo, CP 53000, Villa Clara, Cuba.

²Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Apartado 10, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: Los bancos de recursos fitogenéticos en campo, son colecciones *ex situ* que contribuyen a preservar germoplasma vegetal. En Cuba, se custodia una colección de *Musa* spp., género de plantas que son afectadas por plagas de nematodos fitoparásitos. El objetivo de este estudio fue determinar los fitonematodos asociados a 22 accesiones seleccionadas en esa colección. Las accesiones fueron 'Burro CEMSA', 'Manzano Vietnamita', 'Pisang Ceilan', 'CEMSA ¾', 'INIVIT PV-2011', 'INIVIT PB-2012', 'Yangambi', 'Gran Enano', 'Gross Michel', 'Pisang Jari Buaya', 'Calcuta 4', 'FHIA-18', 'INIVIT PV-0630', 'Enano Guantanamero', 'Macho ¾', 'FHIA-21', 'SH 3436-L-9', 'FHIA-01', 'FHIA 01-V1', 'SH 3142', 'SH 3362' y 'FHIA-17'. Se recolectaron muestras de suelo y raíces de las accesiones y las muestras se trasladaron al Laboratorio de Nematología Agrícola del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, donde se procesaron por los métodos de Bandeja de Whitehead y maceración-tamizado. Los nematodos extraídos se mataron y fijaron con TAF. Para la identificación de géneros se utilizaron claves taxonómicas y se cuantificaron las poblaciones. Se determinaron los géneros dominantes mediante los índices ecológicos: frecuencia, densidad y valor de prominencia. Se identificaron 15 géneros de nematodos en muestras de suelo y nueve en raíces. Los géneros *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* fueron predominantes. Las mayores poblaciones de *Meloidogyne* se encontraron en raíces de 'Yangambi' y 'FHIA-18'; mientras que, *Helicotylenchus* se presentó, en mayores poblaciones, en el suelo en las accesiones 'INIVIT PV-0630' y 'CEMSA ¾'.

Palabras clave: banco de germoplasma, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, nematodos parásitos de plantas, nematodos agalleros, nematodo de espiral.

ABSTRACT: The field plant genetic resource banks are *ex situ* collections that contribute to the preservation of plant germplasm. In Cuba, a collection of *Musa* spp., a genus of plants that are affected by pests of phytoparasitic nematodes, is kept. The objective of the research was to determine the plant parasitic nematodes and the dominant genera associated with 22 selected accessions at the germplasm collection of *Musa* spp. in Cuba, kept at the Tropical Root and Tubers Research Institute (INIVIT, according its acronyms in Spanish). The accessions were 'Burro CEMSA', 'Manzano Vietnamita', 'Pisang Ceilan', 'CEMSA –', 'INIVIT PV-2011', 'INIVIT PB-2012', 'Yangambi', 'Gran Enano', 'Gross Michel', 'Pisang Jari Buaya', 'Calcuta 4', 'FHIA-18', 'INIVIT PV-0630', 'Enano Guantanamero', 'Macho –', 'FHIA-21', 'SH 3436-L-9', 'FHIA-01', 'FHIA 01-V1', 'SH 3142', 'SH 3362' and 'FHIA-17'. Sampling was carried out and soil and roots were collected from accession and were transferred to Agricultural Nematology Laboratory at National Center for Plant and Animal Health (CENSA, according its acronyms in Spanish), where processed by Whitehead Tray and maceration-sifting methods. Extracted nematodes were killed and fixed with TAF. The identification of genera was made using taxonomic keys and populations by genus were quantified. The dominant genera were determined using the ecological indexes: frequency, density and prominence value. Fifteen genera of nematodes were identified in soil samples and nine in roots. The genera *Meloidogyne* and *Helicotylenchus* were predominant. The largest populations of *Meloidogyne* in roots were found in 'Yangambi' and 'FHIA-18'; while *Helicotylenchus* was present in higher populations in the accessions 'INIVIT PV-0630' and 'CEMSA ¾'.

Key words: Germplasm bank, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, plant parasitic nematodes, root knot nematode, spiral nematode.

*Autor para correspondencia: vaniertvc1983@gmail.com

Recibido: 31/01/2025

Aceptado: 15/03/2025

Conflictos de intereses: Los autores no poseen conflicto de intereses

Contribución de los autores. Vánier Ventura Chávez: **Investigación, Curación de datos, Escritura - borrador original.** Belkis Peteira Delgado-Oramas: **Conceptualización, Administración del proyecto, Supervisión, Redacción: revisión y edición.** Lianet González Díaz: **Conceptualización, Investigación.** Daine Hernández Ochandía: **Investigación.** Ileana Miranda Cabrera: **Análisis formal.** Roberto Enrique Regalado: **Investigación.** Mayra G. Rodríguez Hernández: **Conceptualización, Supervisión, Redacción: revisión y edición.**

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

Los bancos de recursos fitogenéticos en campo, son colecciones *ex situ*, utilizados para preservar el germoplasma de especies vegetales (1). El Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) custodia en Cuba, la colección de germoplasma de *Musa* spp. y esta institución es una de las ocho organizaciones a nivel mundial que, desde la década pasada (2010-2020), tiene un programa de mejoramiento genético de *Musa* spp. (2). La colección se planta cada cinco años, rotando su posición en las áreas del INIVIT, como táctica para disminuir el efecto de plagas y carencias nutricionales (3).

Los nematodos parásitos de plantas (NPP) o fitoparásitos constituyen plagas importantes de *Musa* spp., y afectan a las accesiones y cultivares en las colecciones *ex situ* y en campo, respectivamente (4). El estudio de estos organismos resulta esencial para su manejo, en función de disminuir el impacto dañino de estas plagas en el desarrollo y rendimiento de los cultivares.

En los años 80s y 90s del siglo pasado, los NPP constituyeron objeto de un intenso estudio por parte de especialistas cubanos, lo que devino en el diseño e implementación, con resultados favorables, del Manejo Integrado de Nematodos (MIN) en plátanos y bananos (5). Sin embargo, cambios en la composición de genotipos en el país, impone nuevos estudios por el posible impacto de estas plagas en el desarrollo de las plantas en campo.

Conocer los NPP asociados a diversas accesiones, protegidas en la Colección Nacional de *Musa* spp., ofrecerá elementos para valorar, de forma anticipada, lo que les sucederá a estas cuando se establezca la colección en una nueva locación del instituto y poder sugerir tácticas para el manejo adecuado para estas plagas. El objetivo de este estudio fue determinar los fitonematodos asociados a 22 accesiones seleccionadas, existentes en la colección cubana de *Musa* spp.

MATERIALES Y MÉTODOS

La visita y toma de muestras en la Colección Nacional de *Musa* spp., custodiada por INIVIT (22,35 ° N; 80,13 ° O), ubicado en Santo Domingo, provincia Villa Clara, Cuba, se realizó en febrero del 2018. La colección estaba establecida sobre un suelo pardo mullido carbonatado, según la Clasificación de los Suelos de Cuba (6). El muestreo inicial para el estudio de las características del suelo y la determinación de las propiedades que caracterizan la fertilidad del horizonte cultivable del suelo se informaron previamente (7) (Tabla 1).

Tabla 1. Características agroquímicas del suelo Pardo mullido carbonatado sobre el cual se estableció la Colección Nacional de *Musa* spp., en Cuba entre 2015 y 2020

pH KCl	N H ₂ O	MO (g kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	Na ⁺	K ⁺
6,20	7,00	1,40	17,30	17,50	212,20	27,20	4,10	0,37

Los datos de las variables meteorológicas, correspondientes al año anterior al muestreo (2017) se tomaron de la Estación Agrometeorológica No. 326, adjunta al Instituto de Meteorología de Cuba y ubicada en el INIVIT (22° 35' N, 80° 18' W; 40 m.s.n.m), municipio Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. Los valores de temperatura estuvieron entre un mínimo de 20 °C y un máximo de 30,6 °C, con una media de 24,6 °C, la humedad relativa tuvo una media de 80 % y el valor acumulado de precipitaciones en ese año fue de 1766,6 mm.

La colección mantenida entre 2015 y 2020 poseía 355 accesiones procedentes de Vietnam, Honduras, Filipinas, La India, Guadalupe, Jamaica y Cuba. Las accesiones se encontraban establecidas en parcelas conformadas por seis plantones, a una distancia de 3,6 x 2,50 m, en un área total de 2,12 ha. Las plantas de la colección recibieron las atenciones agrotécnicas indicadas en el Instructivo Técnico del cultivo (8); aunque, con un manejo deficiente de las plantas arvenses.

Para este estudio se seleccionaron 22 accesiones de *Musa* spp. (Tabla 2), considerando su relevancia para el programa de mejoramiento genético de plátanos y bananos que desarrolla el INIVIT y su importancia en la producción agrícola en el país, cubriendo accesiones cuyo uso primario en la dieta es para obtener frutas (postre) y otras que se consumen cocidas. Para determinar la geolocalización de cada accesión en la colección, se utilizó un dispositivo portátil de posicionamiento global (GPS) Garmin® modelo Inreach Explorer.

En cada plantón, se extrajeron sub-muestras de suelo rizosférico (~ 300 g) y raíces (~ 50 g) en tres puntos equidistantes a unos 20 - 30 cm del pseudotallo de la planta madre (preferentemente "florecida" o con racimo), a una profundidad de hasta 30 cm (9). Con el suelo y raíces de cada accesión, se formaron muestras separadas (de suelo y raíces), se colocaron en bolsa de polietileno, rotularon y transportaron, en contenedores refrigerados, al Laboratorio de Nematología Agrícola del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) (22°59'29.1"N 82°09'12.3"W), ubicado en el municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. En el laboratorio, las muestras se conservaron a 4°C hasta su procesamiento para la extracción de nematodos. Las muestras de suelo y raíces se procesaron por separado.

Previo a la extracción de los nematodos del suelo, las muestras se homogenizaron, se descartaron fragmentos de rocas u otros elementos y se tamizaron (tamices marca Retsch®, 5 mm). Los nematodos se extrajeron por el método de Bandejas (Placas) de Hemminig y Whitehead, utilizando tres réplicas de 100 g/accesión (9), colocando las placas

a temperatura ambiente. La suspensión de nematodos de cada réplica se recolectó a las 72 horas por separado y se colocaron en viales de 10 mL.

Para extraer los nematodos presentes en las raíces, estas se lavaron previamente con agua corriente, se dejaron secar al aire sobre papel absorbente durante unas 2 horas y se separaron las raíces no funcionales de las funcionales. Las raíces funcionales se fraccionaron en porciones de ~ 1 cm, se homogeneizaron y se obtuvieron tres sub-muestras de 100 g cada una por accesión, que se procesaron por el método de batido + tamizado (con un set de tamices marca Retsch® con aperturas de 300, 125, 63, 45 y 38 µm) (11). El recobrado final de cada muestra se recolectó en el tamiz de 38 µm y se depositó en viales de 10 mL.

A los nematodos extraídos de suelo y raíces, contenidos en los viales, se les dio muerte con calor y se fijaron con TAF (10). Las suspensiones de nematodos se cuantificaron utilizando un microscopio binocular invertido (Zeiss®), ubicando la suspensión de nematodos en una placa de conteo de PVC con paredes verticales, que posee dos compartimientos de diferente capacidad, los nematodos se contabilizaron en el compartimiento mayor y cuando un ejemplar ofreció dudas, se colectó con un selector o aguja entomológica y se colocó en el compartimiento menor para poder apreciar mejor los detalles de su morfología en microscopio óptico Zeiss®.

Los nematodos se identificaron, hasta nivel de género, a través de la observación de los caracteres morfológicos generales sugeridos en claves taxonómicas (11-13) y las poblaciones se expresaron como número de nematodos.100 g⁻¹ de suelo o raíces.

Para analizar los parámetros de la comunidad de nematodos se determinaron los valores de frecuencia absoluta (FA), frecuencia relativa (FR), densidad absoluta (DA), densidad relativa (DR), valor de prominencia absoluta (VPA) y relativa (VPR), en correspondencia con lo señalado por Norton (14), mediante las siguientes fórmulas:

Los datos relacionados con el género, número de individuos (expresados en número de nematodos .100 g⁻¹ de suelo y raíces) y accesiones se introdujeron en hojas de cálculo de Excel para su análisis estadístico. Posteriormente, se procesaron con el programa Infostat versión 2022 sobre Windows 10 (15), a través de análisis de componentes principales y discriminante canónico, con el objetivo de determinar la relación existente entre los géneros de fitonematodos y los grupos genómicos representados en las accesiones seleccionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 15 géneros de nematodos pertenecientes a 11 familias de dos órdenes, asociados a las accesiones seleccionadas de *Musa* spp que se encontraban conservadas en la colección nacional de germoplasma del INIVIT en el periodo 2015-2020. El Orden Rhabditida fue el mejor representado, pues a este pertenecen el 93,3 % de los géneros encontrados. La familia más representada fue Hoplolaimidae con cuatro géneros, seguida de Telotylenchidae y Pratylenchidae con dos géneros cada una. Se informaron en este estudio, por primera vez para Cuba, cuatro géneros de nematodos asociados a la rizosfera de *Musa* spp. (Tabla 3)

Cinco de los géneros de fitonematodos encontrados en este estudio se informaron antes por algunos investigadores (21), quienes identificaron a *Radopholus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus* y *Meloidogyne* asociados a *Musa* spp en Cuba.

El género con mayor importancia relativa en las muestras de suelo, basado en la distribución geográfica (FA y FR), nivel poblacional (DA y DR) y valor de prominencia (susceptibilidad del genotipo al fitonematodo) fue *Helicotylenchus*. En las raíces, el género *Meloidogyne* alcanzó mayores valores de FA y FR, seguido de *Rotylenchulus*, lo que sugiere su amplia distribución en el área estudiada; mientras que, *Helicotylenchus* tuvo mayores valores de DA, DR, VPA y VPR, seguido por *Meloidogyne*. (Tabla 4)

$$FA = \frac{\text{Número de muestras con presencia del género de nematodo}}{\text{Total de muestras evaluadas}} \times 100$$

$$FR = \frac{\text{Frecuencia absoluta del género de nematodo}}{\sum \text{Frecuencia absoluta de todos los géneros de nematodos encontrados}} \times 100$$

$$DA = \text{Media poblacional de un género de nematodo}$$

$$DR = \frac{\text{Densidad absoluta del género de nematodo}}{\sum \text{Densidad absoluta de todos los géneros de nematodos encontrados}} \times 100$$

$$VPA = \text{densidad absoluta} \times \sqrt{\text{frecuencia absoluta}}$$

$$VPR = \frac{\text{Valor de prominencia absoluta}}{\sum \text{Valor de prominencia de todos los nematodos encontrados}} \times 100$$

Tabla 2. Accesiones de *Musa* spp. custodiadas en la Colección Nacional en Cuba (2015-2020) seleccionadas para estudio de fitonematodos asociados, su localización y comportamiento referido, frente a esos organismos plaga, por diversos autores

No	Accesiones	Grupo genómico	Procedencia	Uso primario	Localización			Comportamiento frente a nematodos	Referencias
					Altitud (msnm)	Norte	Oeste		
1	'Burro CEMSA'	ABB	Cuba	cocción	47	22.58623	080.22057	RN	8
2	'Manzano Vietnamita'	AAB	Vietnam	postre	57	22.58614	080.22065		
3	'Pisang Ceilan'	AA	Filipinas	postre	52	22.58567	080.22101		
4	'CEMSA -'	AAB	Cuba	cocción	55	22.58649	080.22056	SN	16
5	'INIVIT PV-2011'	AAB	Cuba	cocción	58	22.58721	080.22123		
6	"INIVIT PB-2012"	ABB	Cuba	cocción	57	22.58723	080.22128		
7	'Yangambi'	AAA	Congo	postre	57	22.58691	080.22072		
8	'Gran Enano'	AAA	Incierto	postre	58	22.58675	080.22094	SN	17, 16, 18
9	'Gross Michel'	AAA	Jamaica	postre	48	22.58722	080.22119	RPP, TR	18
10	'Pisang Jari Buaya'	AA	Malasia	postre	54	22.58681	080.22133	RR, RH	19
11	'Calcutta 4'	AA	La India	silvestre, frutos no comestibles	51	22.58663	080.22145	RPR	19
12	'FHIA-18'	AAAB	Honduras	postre	54	22.58592	080.22136	RR	8, 16, 17
13	'INIVIT PV- 0630"	AAB	Cuba	cocción	59	22.58603	080.22092	SN	17
14	'Enano Guantanamero'	AAB	Cuba	cocción	57	22.58618	080.22092	SN	8, 17
15	'Macho -'	AAB	Cuba	cocción	56	22.58661	080.22072	SN	8, 17
16	'FHIA-21'	AAAB	Honduras	cocción	58	22.58634	080.22099	RN, RR	8, 17
17	'SH 3436-L-9'	AAAA	Cuba	postre	57	22.58611	080.22124	RR	8
18	'FHIA-01'	AAAB	Honduras	postre y cocción	56	22.58611	080.22128	RN	8
19	'FHIA 01-V-1' (selección FHIA-23)	AAAA	Honduras	cocción	56	22.58600	080.22130	RR	8, 17
20	'SH 3142'	AA	Honduras	Postre	56	22.58658	080.22149		
21	'SH 3362'	AA	Honduras	Postre	55	22.58654	080.22152		
22	'FHIA-17'	AAAA	Honduras	Postre	54	22.58685	080.22568		

RN: resistencia a nematodos; SN: susceptible a nematodos; RPP: Resistencia parcial a *Pratylenchus*; ARR: alta resistencia a *Radopholus similis* (Cobb) Thorne; RR: resistencia a *R. similis*, RPR: Resistencia parcial a *R. similis*, TR: Tolerante a *R. similis*, RH: Resistente a *Helicotylenchus*

Tabla 3. Géneros de fitonematodos asociados a accesiones seleccionadas y conservadas en la Colección Nacional de *Musa* spp., en Cuba (período 2015-2020)

Orden	Familia	Género	Ref.
Rhabditida Chitwood	Meloidogynidae Skarbilovich	<i>Meloidogyne</i> Goeldi	20
	Pratylenchidae Thorne	<i>Radopholus</i> (Cobb) Thorne	
		<i>Pratylenchus</i> Filipjev	
	Hoplolaimidae Filipjev	<i>Helicotylenchus</i> Steiner	
		<i>Rotylenchulus</i> Linford & Olivera	
		<i>Rotylenchus</i> Filipjev	
		<i>Hoplolaimus</i> von Daday	
	Paratylenchidae Thorne	<i>Paratylenchus</i> Micoletzki	
	Tylenchidae Scarbilovich	<i>Tylenchus</i> Cobb	
	Telotylenchidae Siddiqi	<i>Tylenchorhynchus</i> Cobb	
	Belonolaimidae Whitehead	<i>Telotylenchus</i> Siddiqi*	
	Dolichodoridae Chitwood	<i>Belonolaimus</i> Steiner*	
	Panagrolaimidae Thorne	<i>Dolichodorus</i> Cobb*	
	Longidoridae Thorne	<i>Panagrolaimus</i> Fuch*	
Dorylaimida Pearse		<i>Longidorus</i> Micoletzky	20

*Nuevos informes para Cuba

Tabla 4. Índices ecológicos determinados a las comunidades de nematodos asociadas a las accesiones seleccionadas de la colección de germoplasma de *Musa* spp. en Cuba (2015-2020)

Géneros de nematodos	Suelo						Raíces					
	FA	FR	DA	DR	VPA	VPR	FA	FR	DA	DR	VPA	VPR
<i>Helicotylenchus</i>	98,48	21,96	77,97	72,58	773,77	76,15	63,64	14,95	304,82	56,66	2431,61	53,34
<i>Pratylenchus</i>	56,06	12,50	1,95	1,82	14,63	1,44	69,70	16,37	19,98	3,72	166,84	3,66
<i>Radopholus</i>	74,24	16,55	7,03	6,54	60,58	5,96	93,94	22,06	40,24	7,48	390,04	8,56
<i>Meloidogyne</i>	9,09	2,03	1,29	1,20	3,88	0,38	95,45	22,42	135,83	25,25	1327,10	29,11
<i>Tylenchorhynchus</i>	89,39	19,93	14,95	13,32	141,39	13,92	3,03	0,71	0,06	0,01	0,11	0,00
<i>Tylenchus</i>	37,88	8,45	1,59	1,48	9,79	0,96	10,61	2,49	3,06	0,57	9,97	0,22
<i>Rotylenchus</i>	22,73	5,07	1,33	1,24	6,36	0,63	12,12	2,85	10,27	1,91	35,77	0,78
<i>Paratylenchus</i>	36,36	8,11	0,74	0,69	4,48	0,44	3,03	0,71	0,91	0,17	1,58	0,03
<i>Rotylenchulus</i>	6,06	1,35	0,27	0,25	0,67	0,07	74,24	17,44	22,76	4,23	196,09	4,30
<i>Dolichodorus</i>	1,52	0,34	0,02	0,01	0,02	0,002	-	-	-	-	-	-
<i>Belonolaimus</i>	6,06	1,35	0,06	0,06	0,15	0,02	-	-	-	-	-	-
<i>Hoplolaimus</i>	4,55	1,01	0,15	0,14	0,32	0,03	-	-	-	-	-	-
<i>Longidorus</i>	1,52	0,34	0,02	0,01	0,02	0,002	-	-	-	-	-	-
<i>Telotylenchus</i>	3,03	0,68	0,03	0,03	0,05	0,005	-	-	-	-	-	-
<i>Panagrolaimus</i>	1,52	0,34	0,02	0,01	0,02	0,002	-	-	-	-	-	-

FA: Frecuencia absoluta, FR: Frecuencia relativa, DA: Densidad absoluta, DR: Densidad relativa,

VPA: Valor de prominencia absoluta, VPR: Valor de prominencia relativa

Los resultados indican que *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*, fueron los géneros más distribuidos e importantes en las accesiones seleccionadas, lo que sugiere que serán los de mayor relevancia en las plantaciones de los cultivares, aspecto a corroborarse en estudios posteriores.

La amplia distribución de *Meloidogyne* (95,45 %) en raíces fue favorecida por el uso de cultivares con resistencia parcial a *R. similis* (22), lo que pudiera explicar las disminuciones de las poblaciones de esta última especie de nematodo en los suelos cubanos. Al respecto, algunos autores (21) informaron, hace una década, que la introducción de híbridos FHIA produjo cambios importantes en la fauna de nematodos asociados a los cultivos de banano y plátano, debido a la manifestación de resistencia parcial a *R. similis*, particularmente en los híbridos FHIA y la variedad SH-3436. La entrada a Cuba de enfermedades como el Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* ((E.F. Sm.) W.C. Snyder & H.N. Hansen) y la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) provocaron variaciones en la estructura varietal de *Musa*, lo que produjo cambios en la importancia relativa de las especies de fitonematodos asociados a este cultivo (3, 21).

El género *Helicotylenchus* alcanzó, en muestras de raíces, los mayores valores de densidad absoluta, relativa, prominencia absoluta y relativa, lo que estuvo relacionado con altas poblaciones en la accesión 'Manzano Vietnamita', sugiriendo la posible susceptibilidad del genotipo a este género de nematodos, que posee hábito endoparásito en algunos cultivares de plátanos y bananos (21), aspecto que debe ser objeto de investigaciones futuras. Otro elemento que pudo tener relación con la presencia de altas poblaciones de *Helicotylenchus* en el suelo y las raíces fue el hecho de que la maleza predominante en la zona ocupada por esta accesión fue *Echinochloa colona* (L.) Link., notificada también como hospedante de *Helicotylenchus* en Cuba (23).

Esta especie de maleza estuvo asociada al 100 % de las accesiones evaluadas en la colección del INVIT (24), aspecto que pudo contribuir al mantenimiento y aumento de las poblaciones de este nematodo. Esa es una de las razones por la que se insiste a los agricultores la necesidad del manejo de malezas hospedantes de plagas en este cultivo.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los informados en nuestro continente. Al respecto, se conoció que en zonas de producción de *Musa* spp., en América Latina, los nematodos con mayor importancia relativa en raíces fueron, en su orden, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Radopholus*, *Pratylenchus* y *Rotylenchulus*; mientras que, en suelo rizosférico, fueron *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchulus* y *Radopholus* (25, 26). Un estudio desarrollado en Colombia evidenció que, los géneros con mayor importancia relativa en raíces de musáceas, basado en la distribución geográfica (FA), nivel poblacional (DA) y valor de prominencia (susceptibilidad del cultivo al fitonematodo) fueron *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* y, con importancia intermedia, señalaron a *Radopholus*, *Pratylenchus* y *Rotylenchulus* (25).

La presencia de *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden y de especies del género *Meloidogyne* junto a *R. similis* dan como resultado un daño mayor que el provocado por *R. similis* solo (27). De ahí la importancia que se concede a la permanencia de especies de ambos géneros en las plantaciones de *Musa* spp., junto a *R. similis* nematodo que, en un tiempo, fue la plaga más importante de este cultivo en Cuba y el mundo.

Conocidas las posibilidades de mejoramiento genético por hibridación de ciertas plantas, desde hace 40 años se realizan estudios en diferentes países con el objetivo inicial de obtener cultivares de plátanos y bananos resistentes y/o tolerantes a plagas agrícolas. Los cruzamientos de *Musa acuminata* (Colla) con *Musa balbisiana* (Colla) dieron origen a genotipos con diferentes grupos genómicos (28).

En Cuba, a través del programa de mejoramiento genético, se obtuvieron cultivares de diferentes grupos genómicos los que, junto a otros procedentes de la Federación Hondureña de Investigaciones Agropecuarias (FHIA), conforman la estructura varietal en el país. Por esta razón, se cuenta en la actualidad con un mosaico de cultivares en la producción bananera y platanera en el país, resultando de interés determinar la posible relación de géneros de nematodos con los diferentes grupos genómicos.

Los nueve géneros de nematodos presentes en raíces no se asociaron a las 22 accesiones seleccionadas. En los genotipos representados por el grupo genómico ABB, se identificaron nueve géneros de fitonematodos, seguido de los grupos AAB (ocho) y AAA (seis), con diferencias en relación con los grupos AA, AAAA y AAAB en cada uno de los cuales se identificaron cinco géneros. Las más altas poblaciones de *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* se registraron en las accesiones pertenecientes a los grupos AAA y AAB (**Figura 1**).

En estos grupos genómicos, están representados los cultivares de mayor importancia para la agricultura en Cuba (**8**) y son los más afectados por nematodos fitoparásitos. Este tipo de información debe ser socializada con los agricultores, investigadores y otros actores sociales vinculados a los cultivos de plátanos y bananos, así como al personal encargado de la custodia de la colección de germoplasma del INIVIT.

Los genotipos conformados por los grupos genómicos AAA y AAAB fueron de mayor preferencia para los nematodos del género *Meloidogyne*; mientras que, las accesiones cuyo grupo genómico es AAB fueron preferidas por *Helicotylenchus*. Los restantes grupos genómicos (AA, ABB y AAAA) no reflejaron relaciones con algún género en específico, aunque si fueron parasitados, en menor medida, por los diferentes géneros encontrados en raíces (**Figura 2**).

En este estudio, las poblaciones más bajas de *R. similis* se presentaron en los genotipos 'FHIA-21' (AAAB) y 'FHIA-01-

V1' ('FHIA-23') (AAAA), lo que coincide con lo señalado por Sousa *et al.* (**19**) acerca de la resistencia de ambos genotipos a este nematodo. La preferencia de los nematodos por cultivares de un grupo genómico determinado está, evidentemente, relacionado con las características del cultivar más allá de su grupo. Así, por ejemplo, con relación a los nematodos agalleros, se informó que, en zonas de la India, *Meloidogyne* spp., tuvo una amplia distribución en el cultivar "Nendran" perteneciente al grupo AAB (**29**); mientras que, en plantaciones de cv. 'Valery' (AAA), en la provincia Los Ríos (Ecuador), fue de mayor preferencia para *Helicotylenchus* y *Radopholus* (**30**).

En el futuro se deben realizar nuevas investigaciones, encaminadas a determinar la resistencia/susceptibilidad de los cultivares más utilizados en la agricultura y de las accesiones importantes para el programa de mejoramiento genético de *Musa* spp. en Cuba, frente a poblaciones de *Meloidogyne* (como parásito obligado de raíces) y de *Helicotylenchus* (informado también como endoparásito de raíces).

De las fuentes de resistencia conocidas, el genoma diploide AA apareció, predominantemente, seguido por los triploides AAA y AAB, y se utilizaron diversos cultivares para confirmar la resistencia a diferentes especies de nematodos. Los genotipos resistentes fueron el 41 % diploides AA, 23 % triploides AAA, 15 % tetraploides AABB, 14 % triploides AAB, 5 % fueron AAAB y 3 % diploides AB (**18**).

Los resultados de este estudio coinciden con lo observado en condiciones de campo en el país (**31, 32**), donde *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* son los géneros más importantes asociados a la mayor parte de los cultivares representantes de diversos grupos genómicos de *Musa* spp., ratificando la importancia de acometer estudios donde se relacionen las densidades poblacionales de estos nematodos y las posibles pérdidas que provocan en condiciones de campo.

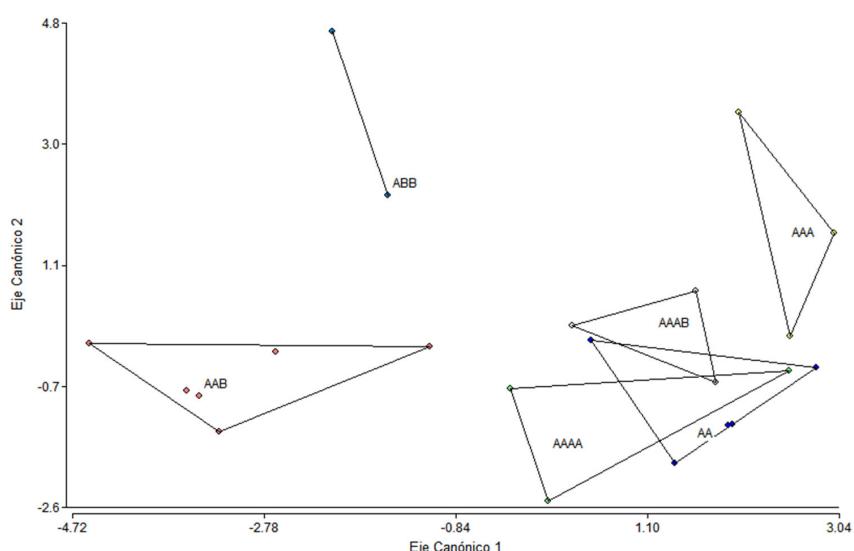


Figura 1. Población de nematodos fitoparásitos estimada en 100 g de raíces y su relación con los grupos genómicos contenidos en la colección de germoplasma de *Musa* spp en Cuba (2015-2020)

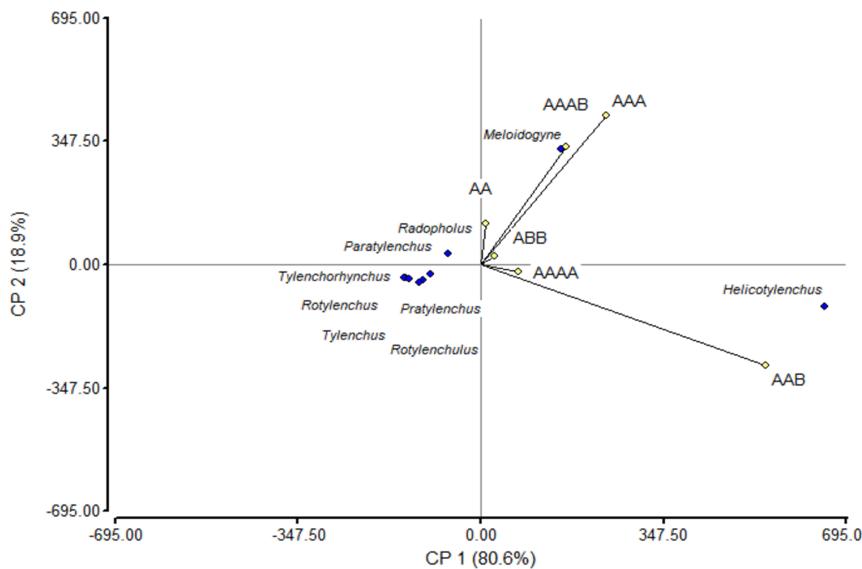


Figura 2. Géneros de nematodos y población estimada en 100 g de raíces y su relación con los grupos genómicos contenidos en la colección de germoplasma de *Musa* spp. en Cuba (2015-2020)

El estudio de los fitonematodos asociados a accesiones de importancia para el programa de mejoramiento o de uso comercial, ofrecerá elementos a los especialistas para evaluar/establecer medidas de MIN que contribuyan a la disminución de las poblaciones y el impacto de estas plagas una vez que se establezca la colección en nuevas áreas del INIVIT.

CONCLUSIONES

- Se identificaron nueve géneros de nematodos en las raíces de las accesiones de *Musa* spp. y *Meloidogyne* fue dominante y ampliamente distribuido en las accesiones evaluadas, ratificando la importancia de este género como plaga de los plátanos y bananos en Cuba, aspecto a tener en cuenta por los agricultores.
- Los genotipos con grupos genómicos AAA y AAAB mostraron una mayor asociación con *Meloidogyne*, lo que sugiere una posible susceptibilidad de estos genotipos a especies de este género de nematodos, corroborando la importancia de acometer estudios donde se relacionen las densidades poblacionales de nematodos y las posibles pérdidas, ofreciendo elementos adicionales para el MIN en el país.

AGRADECIMIENTOS

El colectivo de autores quisiera agradecer al proyecto internacional “**Microbial Uptakes for Sustainable management of major banana pests and diseases (MUSA)**” H2020-SFS-2016-2017, Número de propuesta 727624 (2017-2021), que con su financiamiento posibilitó la ejecución de los experimentos descritos en este documento. En el INIVIT al Dr. Sergio Rodríguez (EPD), por su apoyo incondicional desde el inicio de los trabajos, a José de la C. Ventura Martín, Alfredo Morales Rodríguez, Milagros Basail Pérez, Agustín Adel Vázquez Camejo y Dionelkis Hernández

Hernández, así como en el CENSA a Giselle Calabuche Gómez, Dairys García Perera, Lidia López Perdomo y Fraimaris de Moya Abich, por toda la ayuda prestada durante el procesamiento de muestras en el laboratorio. Los autores agradecen a los revisores del manuscrito por sus valiosas sugerencias, las que contribuyeron al mejoramiento del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aribi MM. Plant gene banks: conservation of genetic resources. En: Al-Khayri JM, Jain SM, Penna S. (eds). Sustainable utilization and conservation of plant genetic diversity. Sustainable Development and Biodiversity (SDEB, volume 35). Singapore. Springer. 2024. pp 753-775. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5245-8_22
2. Vézina A. Importancia del acceso a recursos genéticos de *Musa* en América Latina y el Caribe. Recursos Naturales y Ambiente. 2009; 53: 72-80.
3. Rodríguez MG, Peteira B, Ventura-Chávez V, Simó GJ, Martínez B, Arévalo J. Elementos para fortalecer el manejo de picudo negro y nematodos fitoparásitos del banano y plátano (*Musa* spp.) en Cuba. Mayabeque, Cuba. Editorial CENSA. 2023. ISBN: 978-959-7125-46-4 (versión digital).
4. Sikora RA, Coyne D, Hallmann J, Timper P. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 3rd edition. Boston, MA, USA. CABI International. 2018. 852 pp. ISBN 9781786391254.
5. Fernández E, Hernández R, López M, Gandarilla H. Nematodos parásitos del banano y plátano y su control. Manejo y lucha biológica. Boletín Técnico (Cuba). 1998; 4(5):1-20.
6. Hernández A, Pérez J, Bosch M, Castro D. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba. Ediciones INCA. 2015. ISBN978-959-7023-77-7.

7. Espinosa-Cuellar A. Factibilidad y beneficios de la inoculación micorrízica arbuscular en la producción de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). [Tesis doctoral]. Mayabeque, Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2021. 100 pp.
8. Ministerio de la Agricultura (MINAG) de la República de Cuba. Instructivo Técnico para la producción de *Musa*. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Biblioteca ACTAF. Cuba. 2018. 36 pp.
9. Coyne DL, Nicol JM, Claudius-Cole B. Practical plant nematology: a field and laboratory guide. 2nd Edition. Cotonou, Benin. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA). 2014. 88 pp.
10. van Bezooijen J. Methods and techniques for nematology. Wageningen, Holland. 2006. 112 pp.
11. Eisenback JD. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Sasser JN, Carter CC, Barker KR (Eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol I. Biology and Control. Raleigh, North Carolina, USA. North Carolina State University Graphics. 1985. pp. 95-112.
12. Mai WF, Lyon HH. Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes. Fourth Edition Revised. Ithaca. Comstock Publ. 1975. 219 pp.
13. Hooper D, Hallmann J, Subbotin SA. Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. Luc M, Sikora RA, Bridge J. (Eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd edition. Wallingford, UK. CAB International. 2005. pp. 53-86.
14. Norton DC. Ecology of Plant - Parasitic Nematodes. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. Wiley & Sons, Incorporated, John. 1978. 268 pp. ISBN 0-471-03188-7.
15. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat versión 2022 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar> (Consultado: 28 de abril de 2022).
16. Morales L, González J, Rodríguez S, González L, Ventura JC, Filipia R, et al. Manejo de clones de bananos y plátanos. LL Vázquez (Ed.). Compendio de buenas prácticas agroecológicas en manejo de plagas. Cuba. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). 2014. Pp. 142-144. ISBN 978-959-7210-84-9
17. Fernández E. Inform to "PROMUSA Nematology working group meeting". INFOMUSA. 2001; 10 (2): 2-5.
18. Quénéhervé P, Valette C, Topart P, T du Montcel, Salomon F. Nematode resistance in bananas: screening results on some wild and cultivated accessions of *Musa* spp. Rev. Euphytica. 2009; 165:123-136. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9773-7>.
19. Sousa ABP, Rocha A, Oliveira W, Rocha L, Amorim EP. Phytoparasitic nematodes of *Musa* spp. with emphasis on sources of genetic resistance: A systematic review. Plants. 2024; 13: 1299. <https://doi.org/10.3390/plants13101299>
20. Fernández M. Lista de nematodos fitoparásitos de Cuba (Segunda contribución; 122 plantas). Academia de Ciencias de Cuba. Serie Agrícola. 1970; No. 16: 29 pp.
21. Fernández-González E, Gandlerilla Bastarrechea H, González J, Draguiche JM, Pérez A, Casanueva-Medina K, et al. Nematodos de importancia económica en banano, plátano, tubérculos y raíces comestibles en Cuba. Nematropica. 2015; 45 (2): 31. <http://journals.flvc.org/nematropica/issue/view/4193>
22. Fernández E, Gandlerilla H, Martínez E, Pérez L, Martínez I, Rojas N, et al. Fitonematodos de las musáceas en Cuba. Una visión actualizada. Pino O, Rubio A, Rodríguez Y, Rodríguez MG, Alfonso P, Perere CL, et al (Eds.). Memorias del Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria (SISA) (audio libro). Mayabeque, Cuba. 2023. Pág. 22-23. ISBN: 978-959-7125-50-1.
23. Casanueva MK, Fernández GE, Tejeda M, Vidal U, Paredes RE. Malezas hospedantes de fitoparásitos en diferentes zonas productoras de banano y plátano en las provincias de Artemisa y La Habana. Fitasanidad. 2016; 20 (3): 125-129.
24. Ventura Chávez V, Peteira Delgado-Oramas B, González Díaz L, Enríquez Regalado R, Miranda Cabrera I, Rodríguez Hernández MG. Malezas asociadas a accesiones seleccionadas de la colección de germoplasma de *Musa* spp. en Cuba. Rev. Agricultura Tropical. 2024; 10 (1): 40-52.
25. Riascos-Ortiz D, Mosquera-Espinosa A, Varón de Agudelo F, Muñoz-Florez JE. Importancia relativa de nematodos fitoparásitos asociados a *Musa* spp. y las interrelaciones entre los géneros de mayor valor de prominencia. Fitopatología Colombiana. 2021; 45(1): 1-9.
26. Monteiro SDJ, Pereira SJR, Enrique CJ, Marchão LR, Amorim PE, Da Cunha CD. Identification of plant parasitic nematodes in triploid and tetraploid bananas in Brazil. Rev. Caatinga, Mossoró. 2020; 33(4): 865 - 877.
27. Caveness FE, Badra T. Control of *Helicotylenchus multicinctus* and *Meloidogyne javanica* in established plantain and nematode survival as influenced by rainfall. Nematropica. 1980; 10: 10-14.
28. Champions J. El plátano. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. La Habana. Instituto Cubano del Libro. 1969. p. 16-32.
29. Ashfak O, Usman A, Rasmi A. Plant parasitic nematodes associated with banana (*Musa* spp. var. 'Nendran' AAB) - a diversity analysis at banana fields in Ottappalam Taluk of Kerala, India. Thai Jour. Agricultural Sci. 2021; 54(3): 148-162.
30. Guevara Santana FJ, Miranda Cabrera I, Ceiro Catasú WG, Hidalgo Díaz L, Arévalo Ortega J. Géneros de nematodos parásitos de raíces de banano (*Musa paradisiaca* L.) en la provincia Los Ríos, Ecuador. Rev. Protección Veg. 2024; 39: 1-9. <https://cu-id.com/2247/v39e16>.
31. Pérez-Vicente L, Fernández-González E, Javer-Higgison E. Diseases of banana and plantain in Cuba and Caribbean basin: impact, epidemiology and management. Uma S, Mayil Vaganan M, Agrawal A. (Eds). Bananas and plantains: leading-edge research and development. Vol. 1: Diversity, improvement and protection. Tiruchirappalli, India. ICAR-National Research Centre for Banana. 2020. Pp 537-570.
32. Almarales Antúnez M, Jiménez Carbonell R, Gandlerilla Bastarrechea H, Castellanos González L. Nematodos en la provincia Cienfuegos, hospedantes y distribución. Nematropica. 2015; 45(2): 46 -47. <http://journals.flvc.org/nematropica/issue/view/4193>