

# Biocarbón, humus y micorrizas: efecto sobre *Dioscorea alata* L. e infestación y reproducción de nematodo agallero en condiciones semicontroladas



<https://cu-id.com/2247/v38e02>

## Biochar, humus, and mycorrhiza: effect on *Dioscorea alata* L. and root knot nematode infestation and reproduction under semicontrolled conditions

<sup>1</sup>Vaniert Ventura Chávez<sup>1\*</sup>, <sup>2</sup>José E González Ramírez<sup>1</sup>, <sup>2</sup>Ileana Miranda Cabrera<sup>2</sup>,  
<sup>2</sup>Daine Hernández Ochandía<sup>2</sup>, <sup>2</sup>Mayra G Rodríguez Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Apdo 10. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba.

**RESUMEN:** El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del biocarbón enriquecido con humus de lombriz y Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) en el crecimiento y agallamiento del ñame; así como en la reproducción de *M. incognita*. El estudio, en condiciones semicontroladas, se desarrolló en el aislador biológico del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) en Santo Domingo, provincia de Villa Clara, Cuba. El experimento tuvo un diseño completamente aleatorizado, con ocho tratamientos, los cuales consistieron en diferentes combinaciones de suelo, biofertilizantes y biocarbón, con y sin de una población pura de *Meloidogyne incognita* (Kofoi y White) Chitwood. Se realizaron siete replicas de cada uno. Los datos se analizaron por ANOVA y las medias se compararon (Duncan, 95 % de confianza). El mejor desarrollo de las plantas de ñame se obtuvo en el tratamiento donde, en ausencia de *M. incognita*, las plantas crecieron en un sustrato que contenía una mezcla de biocarbón, humus y micorrizas. Resultó evidente que el parasitismo por *M. incognita* afectó el desarrollo del cultivar 'INIVIT Ñ-2008', pues se produjeron disminuciones en los parámetros longitud del tallo y la masa fresca y seca foliar. Se evidenciaron los beneficios de incorporar HMA, humus y biocarbón en la tecnología de producción de *D. alata*, dado sus efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como en la disminución del Índice de Agallamiento (IA) y la reproducción de *M. incognita* en este cultivar, catalogado como buen hospedante y susceptible a este nematodo; resultados que se corroborarán en posteriores estudios de campo.

**Palabras clave:** abono orgánico, *Meloidogyne incognita*, marabú, micorrizas arbusculares, ñame.

**ABSTRACT:** The objective of the research was to determine the effect of biochar enriched with worm humus and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on growth and galling of yam plants and *M. incognita* reproduction. The study was developed under semi-controlled conditions in a biological isolator of the Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara Province, Cuba, in 2022. A completely randomized design with seven replicates was used. The treatments consisted of different combinations of soil, biofertilizers, and biochar, with and without inoculation of a pure population of *M. incognita* established at the institute. The best development of yam plants was obtained in the treatment where, in the absence of *M. incognita*, the plants were grown in a substrate containing a mixture of biochar + humus and mycorrhizae as inoculant. It was evident that *M. incognita* parasitism affected the development of the cultivar 'INIVIT Ñ-2008' because of the decreases produced in plant stem length and fresh and dry matter of the foliar part. The potentialities of incorporating AMF, humus, and biochar in the production technology of *D. alata* were evidenced by the positive effects on plant growth and development and reduction of *M. incognita* galling index and reproduction on this cultivar, which was cataloged as a good host and susceptible to this nematode; results which will be corroborated in subsequent field studies.

**Key words:** organic manure, *Meloidogyne incognita*, sickle bush, arbuscular mycorrhiza, yam.

### INTRODUCCIÓN

En Cuba, “viandas” es un término que integra un grupo de alimentos conformado por diversas raíces, tubérculos, rizomas, plátano (*Musa* spp.) y calabaza (*Cucurbita* spp.) considerados productos esenciales en la gastronomía y en la nutrición (1). Dentro de este grupo de plantas, se encuentra el ñame, nombre común de especies del género *Dioscorea*

(Dioscoreaceae) de importancia económica por los tubérculos comestibles y bulbillos (tubérculos aéreos) que se obtienen las mismas (2).

Las plantas de ñame son bejucos herbáceos, ricos en almidón, que se cultivan para lograr sus tubérculos en África, Asia, América Latina, Caribe y Oceanía (3). La FAO estimó en 2021 la siembra de unas 8 685 624 ha de ñame en 55 países del mundo; mientras, en Cuba, se contabilizaron unas 5 117 ha (4).

\*Correspondencia a: Vaniert Ventura Chávez. E-mail: [vaniertvc1983@gmail.com](mailto:vaniertvc1983@gmail.com)

Recibido: 04/09/2023

Aceptado: 13/11/2023

En este archipiélago, el ñame abunda en ecosistemas montañosos y se cultiva para alimento humano y animal; sin embargo, su consumo se extiende a todas las zonas del país (2).

En Cuba, se encuentran 17 especies nativas, 12 de ellas endémicas, dos exóticas naturalizadas y otras tres cultivadas ocasionalmente. Alrededor de diez especies son económicamente importantes: *Dioscorea alata* L., *Dioscorea cayenensis* Lam., *Dioscorea cayenensis* subsp. *rotundata* (Poir) J. Miege, *Dioscorea nummularia*, *Dioscorea otonita*, *Dioscorea rotundata*, *Dioscorea transversa*, *Dioscorea esculenta* Murk, *Dioscorea bulbifera* L., *Dioscorea trifida* L. y *Dioscorea pentaphylla*. Se clasifica como el cuarto cultivo de raíces más importante por producción, después de la papa (*Solanum tuberosum* L.), el boniato (*Ipomoea batatas* L.) y la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (5).

En nuestro país, los rendimientos se mantienen bajos, alcanzando unas 3,8 t.ha<sup>-1</sup> por ciclo de cosecha debido, principalmente, a la carencia de semillas de calidad agronómica con certificación fitosanitaria. Entre los principales problemas sanitarios del ñame, se encuentran las enfermedades fungosas, virales y nematodos (5). A escala internacional, los nematodos plaga más importantes del ñame, son *Scutellonema bradys* (Steiner y LeHew), *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Rotylenchulus reniformis* (Lingfod y Oliveira) (6).

Los nematodos agalleros (*Meloidogyne* spp.) afectan al cultivo por su presencia en las raíces y los tubérculos y, dependiendo de los niveles de infestación, provocan síntomas de clorosis, disminución del follaje y el número de tallos, afectando el desarrollo de las plantas. Esto ocasiona pérdidas en los rendimientos agrícolas y en los tubérculos almacenados. La presencia de nematodos agalleros en el ñame, provoca una apariencia verrugosa y anti-estética de los tubérculos, así como la proliferación de raíces desde la superficie del mismo, afectando su comercialización. En almacén, los tubérculos afectados se secan y pierden mucho peso (6,7,8).

Según Coyne y Affokpon (9) globalmente, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood aparece como la especie más importante y distribuida; aunque, *Meloidogyne arenaria* ((Neal) Chitwood), *Meloidogyne enterolobii* (Yang & Eisenback), *Meloidogyne hapla* (Chitwood) y *Meloidogyne javanica* ((Treb) Chitwood) también se informaron. Estos autores sugieren el uso de material de siembra sano, tratamiento con agua caliente, genotipos resistentes y el Manejo Integrado de Nematodos (MIN). Dentro del MIN, se puede sugerir la introducción de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) pues, según Schouteden *et al.* (10) estos organismos, que son simbiontes obligados de las raíces de las plantas, pueden protegerlas de estreses bióticos, como los pro-

vocados por la infestación de nematodos parásitos de plantas.

El biocarbón (biochar), carbón negro rico en Carbono (C) utilizado para mejorar la fertilidad de los suelos, se propone como una alternativa para enfrentar el cambio climático, debido a su capacidad para secuestrar C atmosférico. Sus características físico-químicas dependen del material orgánico de partida (tipo de biomasa) y las condiciones o sistema de pirólisis (11). La aplicación de biocarbón en el suelo puede inducir cambios morfofisiológicos y metabólicos en las plantas y mejorar las interacciones que establecen con los microorganismos del suelo, entre los que se incluyen los HMA. Puede ser enriquecido o combinado con compost, fertilizantes y microorganismos benéficos, lo que favorece el crecimiento y la defensa de las plantas contra diversas plagas (12).

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del biocarbón enriquecido con humus de lombriz y HMA en el crecimiento y agallamiento del ñame; así como en la reproducción de *M. incognita*.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio, en condiciones semicontroladas, se desarrolló en el aislador biológico del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) (22,35 LN y 80,13 LO), Santo Domingo, provincia de Villa Clara, Cuba, en el periodo comprendido entre mayo y julio del 2022.

### Material de siembra

Se emplearon bulbillos calibre C (~ 40 g) de la especie *D. alata* cv. 'INIVIT Ñ-2008', que se sembraron en contenedores de 500 g de capacidad, a los cuales se les añadió el sustrato correspondiente según el tratamiento. (Tabla 1)

### Nematodos

Para inocular los nematodos, se utilizó una suspensión de 0,250 huevos y juveniles de segundo estadio (J<sub>2</sub>) por contenedor, de una población pura de *M. incognita* aislada de ñame y reproducida en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). El inóculo se obtuvo mediante el método de Hussey y Barker (13) y se introdujo en el suelo a través de cuatro orificios practicados sobre el sistema radical y en la zona cercana al tallo.

### Abono orgánico

Se utilizó humus de lombriz que se produjo en el INIVIT, en cámaras de 1 m<sup>2</sup>, destinadas a este fin; siguiendo el procedimiento descrito por Paneque y Calaña (14).

## Tipo de biocarbón utilizado y caracterización

El biocarbón de marabú (*Dichrostachys cinerea* Wight et Am.) se obtuvo en la Finca San Pedro, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y servicios Fortalecida CCSF “Clemente Cárdenas” del municipio Santo Domingo (Provincia de Villa Clara), mediante método tradicional de horno de montículo (15) durante 45 días.

De este lote de carbón se utilizaron los restos pequeños, que se trituraron y tamizaron para usar fracciones de unos 5 mm. Las fracciones obtenidas se homogenizaron, se extrajo una muestra de 100 g, que se colocó en bolsa de polietileno sellada y se envió al Laboratorio de Nematología Agrícola del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), provincia Mayabeque. En el laboratorio, se determinaron los parámetros pH, conductividad eléctrica y potencial REDOX (Eh) del biocarbón. El pH se conoció utilizando un pHmetro EXTECH® con intervalo de pH entre 0,00 a 14,00; para la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro portátil METTLER TOLEDO®, con un intervalo de medición de conductividad entre 0,010  $\mu\text{S}/\text{cm}$  - 500 mS/cm; mientras que, el Potencial de Óxido Reducción (Redox), se estableció con un medidor ORP METER® modelo: YK-23RP, con un intervalo de medición entre -1,999 mV ~ +1,999 mV. El biocarbón de marabú tuvo un pH de 7,5; CE 0,25 ds.m<sup>-1</sup> y potencial de REDOX [Eh (pH 7)] de 430.7 mV.

## Hongos micorrizógenos

Se utilizó el producto comercial de HMA denominado EcoMic®, producido en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) que es un inoculante, en formulación sólida, a base de cepas específicas de HMA. El producto utilizado en este ensayo, tuvo como especie/cepa a *Rhizoglyphus irregularis* Cepa IN-CAM - 11, por comportarse de forma eficiente en suelos pardos (16), con una concentración de 32 esporas x gramo<sup>-1</sup>. La inoculación consistió en la aplicación de 10 g de inoculante x planta<sup>-1</sup> en el momento de la siembra, junto al material de plantación (17).

El experimento tuvo un diseño completamente aleatorizado, con ocho tratamientos (Tabla 1) y siete réplicas (contenedores) cada uno. Para el sustrato se utilizó suelo carbonatado pardo esponjoso (18), con pH de 7,3-7,5, procedente de las áreas del INIVIT. Las plantas se mantuvieron en el aislador biológico durante 60 días, con riego cada 72 horas (50 ml por planta). Al finalizar el ensayo, las plantas se extrajeron, se lavaron sus raíces con agua potable y se trasladaron al Laboratorio de Nematología del INIVIT para su análisis.

En las plantas, se evaluaron los parámetros **Longitud del tallo** (m), midiendo con cinta métrica desde la base del tallo hasta el extremo del bejuco o guía;

**Masa fresca parte aérea** (g) con el auxilio de una balanza digital marca Kern; **Masa seca parte aérea** (g). La masa seca de la parte aérea, se determinó colocando las plantas en sobres de papel cartucho, correctamente identificados con el número del tratamiento correspondiente, y luego se secaron en una estufa controlada termostáticamente, con ventilación forzada a 70°C, hasta realizar pesadas durante tres días y obtener un valor semejante.

El **Índice de agallamiento** en las raíces de las plantas, se estableció según la escala cuantitativa de Taylor y Sasser (19). La **población final** (Pf) se determinó mediante la suma de la población extraída de las raíces, utilizando el método de Hussey y Barker (13) y los especímenes obtenidos del suelo. Estos últimos, se extrajeron de 3 sub-muestras (100 gramos cada una) del suelo de cada réplica, que se procesaron por el método Bandejas de Hemming y Whitehead modificado (20). Las suspensiones se cuantificaron a través del conteo directo de los J<sub>2</sub> en un microscopio estereoscópico Motis®, con 200 aumentos. Con los datos, se calculó el **Factor de reproducción** (FR) utilizando la fórmula:  $FR = Pf/Pi$ ; donde **Pf** es la población final y **Pi** es la inicial (cantidad de huevos/J<sub>2</sub> que se inoculó al inicio del ensayo).

Los datos cuantitativos se sometieron a un Análisis de Varianza Simple, seguido de la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan, que establece un 95% de confianza.

Teniendo en consideración que no se conocía el comportamiento como hospedante del cultivar de ñame, se realizó la categorización de **Capacidad como hospedante**. Para ello se usaron las categorías establecidas por Ferris *et al.* (21), donde: hospedante excelente ( $FR \geq 10$ ), buen hospedante ( $1 < FR < 10$ ), hospedante de mantenimiento ( $FR = 1$ ) y pobre o no hospedante ( $0 < FR < 1$ ). Mientras que, para la categorización como **cultivar resistente o susceptible**, se utilizaron los criterios de Oostenbrink (22) que establecen, que si el  $FR > 1$  indica hospedante susceptible;  $FR < 1$  el hospedante es resistente y  $FR = 0$  equivale a hospedante inmune. En ambos casos, se tuvieron en consideración las plantas del tratamiento 5, donde se inoculó el ñame con nematodos y no se incorporaron ni la mezcla (humus y biocarbón) ni HMA.

## RESULTADOS

El mejor desarrollo de las plantas de ñame, se obtuvo en el tratamiento donde, en ausencia de *M. incognita*, las plantas crecieron en un sustrato que contenía una mezcla de biocarbón + humus y micorizas, lo que sugiere el efecto positivo de la mezcla (biocarbón y humus) y los HMA en el desarrollo inicial de este cultivar de ñame. Resultó evidente que el parasitismo por *M. incognita* afectó el desarrollo de *D. alata* cv ‘INIVIT Ñ-2008’, pues se produjeron disminuciones en los parámetros longitud del tallo y las

**Tabla 1.** Comportamiento de parámetros evaluados en plantas de ñame (*D. alata* cv 'INIVIT Ñ-2008') inoculadas con *M. incognita* y que se desarrollaron en sustratos donde se aplicaron humus, biocarbón y HMA, en diferentes combinaciones y en condiciones semicontraídas / Behavior of the parameters evaluated in *M. incognita*-inoculated yam (*D. alata* cv 'INIVIT Ñ-2008') grown in substrates where different combinations of humus, biochar and AMF were applied under semi-controlled conditions

Tto No	Tratamientos	Parámetros del desarrollo de las plantas			Parámetros relativos a la infestación por el nematodo y su reproducción		
		Longitud del tallo (m)	Masa fresca parte aérea (g)	Masa seca parte aérea (g)	IA	PF	FR
1	Suelo 100 % del volumen del contenedor	0,76 e	12,09 g	1,85 f	0 e	0 e	0 e
2	Suelo 100 % del volumen del contenedor + EcoMic® 10 g	1,19 b	33,92 e	6,28 e	0 e	0 e	0 e
3	Suelo 50 % + mezcla 1 (humus de lombriz 75 % y biocarbón 25 %)	1,56 b	52,76 c	10,85 c	0 e	0 e	0 e
4	Suelo 50 % + mezcla 1 (humus de lombriz 75 % y biochar 25 %) + EcoMic® 10 g	1,73 a	85,26 a	18,29 a	0 e	0 e	0 e
5	Suelo 100 % con 0,250 huevos/J <sub>2</sub> de <i>M. incognita</i> x gramo de suelo <sup>-1</sup>	0,43 f	10,90 g	1,29 f	4,29 a	598,57 a	4,79 a
6	Suelo 100 % con 0,250 huevos/J <sub>2</sub> de <i>M. incognita</i> x gramo de suelo <sup>-1</sup> + EcoMic® 10 g	1,12 d	25,00 f	5,65 e	2,29 b	433,86 b	3,47 b
7	Suelo 50 % con 0,250 huevos/J <sub>2</sub> de <i>M. incognita</i> x gramo de suelo <sup>-1</sup> + mezcla 1 (consistente en humus de lombriz 75 % y biochar 25 %)	1,22 d	46,36 d	9,82 d	1,43 c	316,57 c	2,53 c
8	Suelo 50 % que se inoculó con 0,250 huevos/J <sub>2</sub> de <i>M. incognita</i> x gramo de suelo <sup>-1</sup> + mezcla 1 (consistente en humus de lombriz 75 % y biochar 25 %) + EcoMic® 10 g	1,37 c	76,39 b	14,27 b	0,86 d	170,14 d	1,36 d
ES		0,05**	1,15**	0,32**	0,19**	1746,73**	0,11**

Leyenda: IA: Índice de Agallamiento (19); PF: Población Final y FR: Factor de Reproducción del nematodo.

Letras desiguales en la misma columna significan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

masas fresca y seca de la parte foliar; encontrándose los valores menores y diferentes significativamente, en el tratamiento donde los bulbillos se sembraron en suelo, sin la mezcla ni EcoMic®, y se inocularon los nematodos. (Tabla 1)

En el tratamiento 4, la incorporación al suelo de EcoMic® y de la mezcla de humus y biocarbón (25:75 % v: v) resultó beneficiosa para el desarrollo de las plantas de ñame, en ausencia de los nematodos, exhibiendo los mayores valores de longitud del tallo y las masas fresca y seca, lo cual se diferenció de manera significativa del tratamiento donde solamente se colocó suelo. (Tabla 1).

En los tratamientos donde se inoculó *M. incognita*, se destacó el tratamiento donde el suelo recibió EcoMic® y se mezcló con el sustrato conformado por humus y biocarbón (75:25 % v:v) cultivar este que resultó menos afectado en los parámetros de desarrollo evaluados. (Tabla 1).

Las plantas de las macetas donde se inoculó EcoMic® (HMA) y no tenían nematodos (tratamiento 2)

mostraron valores significativos en la longitud de tallos y masas fresca y secas, siendo mayores respecto a las que crecieron en suelo sin micorrizas ni nematodos (Tabla 1).

En la evaluación de las plantas que se infestaron por los nematodos, se evidenció que el uso de HMA y mezclas de biocarbón y humus, beneficiaron el desarrollo de las plantas, aun estando afectadas por los nematodos, destacándose el tratamiento que recibió HMA y la mezcla, con menores IA, PF y FR (Tabla 1).

Las plantas del tratamiento que se inoculó con nematodos y no recibió ningún otro elemento, mostraron clorosis, con raíces y bulbillos con agallas. (Fig. 1).

Los mayores valores del FR e IA se produjeron en el tratamiento sin HMA o mezcla de humus y biocarbón. El genotipo *D. alata* cv. 'INIVIT Ñ-2008' resultó ser **buen hospedante** de *M. incognita*, de acuerdo a los valores del FR del tratamiento 5, resultando **susceptible** a este nematodo.



**Figura 1.** Síntomas provocados por *M. incognita* en follaje, raíces y tubérculos de siembra en el ñame (*D. alata* cv 'INIVIT Ñ-2008') (densidad de 0,250 huevos/J<sub>2</sub> del nematodo. g de sustrato<sup>-1</sup> / Symptoms caused on foliage, roots, and sowing tubers of yam (*D. alata* cv 'INIVIT Ñ-2008') by *M. incognita* (density of 0.250 egg/J<sub>2</sub> of nematode. g of substrate<sup>-1</sup>).

## DISCUSIÓN

Los síntomas observados coinciden con los descritos por Coyne y Affokpon (9) quienes hicieron un resumen de los informados por diversos autores, señalando la presencia de amarillamiento temprano (primeras etapas del cultivo), caída de hojas y disminución en el crecimiento del bejuco (tallo) provocados por *Meloidogyne* spp. (mayormente *M. incognita*) en diversas especies de ñame, entre ellas *D. alata*.

Con relación a los síntomas en raíces y tubérculos, estos autores indicaron que *Meloidogyne* spp., causa típico agallamiento en raíces del ñame y los tubérculos se tornan verrugosos. En Cuba, Ventura y Rodríguez (8) informaron que el síntoma principal que causa *Meloidogyne* spp. en *D. esculenta* cv. 'ñame papa', es la formación de agallas en las raíces y deformaciones y agallas en los tubérculos.

El impacto favorable de la inoculación de micorrizas en el ñame, se constató en estudios como el desarrollado por Tchabi *et al.* (23) en África, donde se evaluaron cepas de HMA comerciales, basados en las especies de los géneros *Funneliformis* y *Glomus* en los genotipos de *D. alata* (TDa98-01183 y TDa98-165) y *D. rotundata* (TDr97-00551 y TDr 745) inoculados con una supresión de nematodos agalleros de 0,25 J<sub>2</sub> por gramo de suelo. Señalaron que, aún en bajos porcentajes de colonización micorrizica (6 %) los HMA provocaron mejor desarrollo de las plantas y disminución del agallamiento. Se conoce que los HMA favorecieron el desarrollo del ñame (24) y los resultados del ensayo ratificaron lo beneficiosa que es la simbiosis HMA-ñame para el cultivo, debiéndose cumplimentar, por parte de los agricultores, lo indicado acerca del uso del HMA para el manejo de nematodos fitoparásitos (5).

Por otra parte, los efectos positivos sobre las plantas (desarrollo y/o rendimientos) y como supresor de poblaciones de nematodos agalleros de los abonos orgánicos y biocarbón, solos o combinados con abonos, organismos benéficos, como los denominados microorganismos eficientes, HMA y otros, se informaron por diversos autores. Al respecto, Pentón-Fernández *et al.* (25) combinaron biocarbón de marabú e IHPLUS® y constataron que el biocarbón de marabú enriquecido o combinado con compost, garantizó rendimientos de *Manihot esculenta* Crantz (cv. 'INIVIT Y93-4' y 'señorita') comparables (sin diferencias significativas) con los obtenidos al aplicarse fertilizantes químicos, lo que avala el uso de biocarbón combinado con abonos y/o microorganismos eficientes. La aplicación de HMA y biocarbón promovió el crecimiento de la hierba perenne *Lolium perenne* L. y mejoró la resistencia de estas plantas a bajas temperaturas (26).

En tomate (*Solanum lycopersicum* L.) el uso del EcoMic® favoreció el desarrollo de las plantas y disminuyó la población de *M. incognita* (27); mientras que, Zuhair *et al.* (28) evaluaron el potencial de vermicomposta (sinónimo humus) de diferentes residuos sobre nematodos agalleros e informaron que tres tipos de vermicomposta (estiércol vacuno solo; estiércol vacuno + hojas de *Colocasia* y estiércol vacuno + aserrín) provocaron un aumento en el crecimiento del tomate y un efecto de control sobre *M. incognita*. Otro estudio evidenció que el sustrato compuesto por 50 % suelo, 25 % biochar y 25 % humus de lombriz, propició los mayores valores de longitud y diámetro del tallo, número de hojas, longitud de la raíz principal y número de raíces secundarias, propiciando un buen desarrollo de *Crotalaria juncea* L. en fase de vivero (29).

La clasificación del cultivar de ñame 'INIVIT Ñ-2008', como buen hospedante y susceptible a

*M. incognita* posee importancia para el manejo, pues si se plantan tubérculos de este cultivar en suelos infestados, al final del ciclo productivo, comprendido de 10 a 12 meses, las poblaciones de nematodos agalleros podrían incrementarse de forma notable. Sin embargo, resulta alentador el efecto positivo del uso de mezcla de biocarbón + humus y la inoculación de HMA (EcoMic®) para manejar este patosistema ñame - *M. incognita*; aspecto a ser evaluado en condiciones de campo.

### CONCLUSIÓN

Este ensayo, en condiciones semi-controladas, evidenció las potencialidades que posee la incorporación de HMA, humus y biocarbón en la tecnología de producción de *D. alata*, por sus efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas; la disminución del IA en las plantas y la reproducción de *M. incognita* en el cultivar de ñame 'INIVIT Ñ-2008', que resultó buen hospedante y susceptible a este nematodo; resultados a corroborar en posteriores estudios de campo.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos "Identificación, severidad y manejo de nematodos fitoparásitos asociados al ñame en Cuba" y "Reciclaje de nutrientes de biomasa y carbono para fertilización orgánica avanzada en una agricultura eco-inteligente y clima positiva en Cuba" (Bio-C, IZ08Z0\_177346) (Fundación Nacional de Ciencia de Suiza-Fondo Nacional de Ciencia e Innovación (FONCI) Cuba), ambos con financiamiento del Programa Sectorial de Salud Animal y Vegetal del Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba. Agradecer en el INIVIT a Dionelkis Hernández Hernández y Marisleidys Hernández Hernández y en el CENSA, a Roberto Enriquez Regalado y Lidia López Perdomo, por toda su ayuda en el montaje y evaluación del experimento, tanto en aislador de patógenos, como en laboratorio.

### REFERENCIAS

- Juárez NH. Cambios en la producción y consumo de viandas en Cuba. *Revue d'Ethnoécologie*. 2013; 3. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.1445> Disponible en: <https://journals.openedition.org/ethnoecologie/1445>
- González ME. El ñame (*Dioscorea* spp.). Características, usos y valor medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. *Cultivos Tropicales*. 2012; 33(4):5-15.
- Reddy PP (Ed.). *Plant Protection and Tuber Crops in Tropical Root*. Springer (India) Pvt. Ltd. (Springer Science+Business Media). 2015. ISBN 978-81-322-2389-4 (eBook). 336 pp. DOI [10.1007/978-81-322-2389-4](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2389-4)
- FAOSTAT. 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Consulta: 4 de agosto del 2023.
- Folgueras MC, Castellón Valdés MC, Morales Romero LM, Dávila Martínez A, González Vázquez RE, Ventura Chávez V, *et al.* Manual Práctico. Manejo Integrado de Plagas en raíces, rizomas y tubérculos tropicales, plátanos y bananos. Editorial INIVIT. Cuba. 2020. 119 pp. ISBN: 978-959-295-013-9.
- Claudius-Cole A. Importance and integrated nematode management of the yam nematode (*Scutellonema bradys*) in yam cropping systems of West Africa. En: Sikora RA, Desaegeer J, Molendijk L (Eds). *Integrated Nematode Management: State-of-the-art and visions for the future*. 2022. CAB International. pp 374-380. <https://doi.org/10.1079/9781789247541.0052>
- Coyne DL, Tchabi A, Baimey H, Labuschagne N, Rotifa I. Distribution and prevalence of nematodes (*Scutellonema bradys* and *Meloidogyne* spp.) on marketed yam (*Dioscorea* spp.) in West Africa. *Field Crops Research*. 2006; 96: 142-150. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.06.004>
- Ventura Chávez V, Rodríguez Hernández MG. Síntomas provocados por nematodos agalleros a *Dioscorea esculenta* Murk cv. 'Ñame Papa'. *Boletín INIVIT*. 2020; 1: 9. Disponible en: [http://www.inivit.cu/images/banners/Boletin\\_INIVIT\\_1\\_2020.pdf](http://www.inivit.cu/images/banners/Boletin_INIVIT_1_2020.pdf) Acceso: 11-05-23
- Coyne D, Affokpon A. Nematode Parasites of Tropical Root and Tuber Crops (excluding Potatoes). En: Sikora RA, Coyne D, Hallmann J, Timper P (Eds). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, 3rd Edition. 2018. Pp 252-289. CAB International and USDA. ISBN: 978 1 78639 126 1 (ePub)
- Schouteden N, De Waele D, Panis B, Vos CM. Arbuscular Mycorrhizal Fungi for the biocontrol of plant-parasitic nematodes: a review of the mechanisms involved. *Front. Microbiol*. 2015; 6:1280. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01280>
- Downie A, Crosky A, Munroe P. Physical Properties of Biochar. Pp. 13-33 En: Lehmann J, Joseph S (Eds). *Biochar for Environmental Management*. Science and Technology. Earthscan publishing for sustainable future. London - Sterling, VA. UK and USA. 2009. ISBN: 978-1-84407-658-1
- González-Marquetti I, Rodríguez Hernández MG, Peteira Delgado-Oramas B, Schmidt HP. Biochar y su contribución a la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas. *Rev. Protección Veg*. 2020; 35 (2): 1-17. Disponible en: <https://zenodo.org/records/6341930> Acceso: 10-05-23

13. Hussey RS, Barker KB. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Dis Report. 1973; 57: 1025-1028.
14. Paneque VM, Calaña JM. Abonos Orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. 2001. Ediciones INCA. 39 p. [En línea] [Consultado: abril de 2022]. Disponible en: [www.ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/folleto\\_suelos.pdf](http://www.ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/folleto_suelos.pdf)
15. Brown R. Biochar Production Technology. PP 127-145. En: Lehmann J, Joseph S (Eds). Biochar for Environmental Management. Science and Technology. 2009. Earthscan publishing for sustainable future. London - Sterling, VA. UK and USA. ISBN: 978-1-84407-658-1
16. Rivera R, Fernández F, Ruiz L, González P, Rodríguez Y, Pérez E *et al.* Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola. Rivera R (Ed.). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) - Red "Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular en agroecosistemas". Ediciones INCA, San José de las Lajas, Cuba. 2020. ISBN:978-959-7258-05-6. 151 pp.
17. Simo GJ, Ruiz ML, Rivera ER. Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular y suministro de nutrientes en plantaciones de banano cultivar 'FHIA-18' sobre suelos Pardos mullidos carbonatados. Cultivos Tropicales. 2015; 36 (4): 43-54.
18. Hernández A, Pérez J, Castro N, Bosch D. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 2015. 91 pp.
19. Taylor AL, Sasser JN. Biology, identification and Control of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species). Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology North Carolina State University and the United States Agency for International Development. Raleigh, North Carolina. 1978. 111 pp.
20. Coyne DL, Ross JL. Protocol for Nematode Resistance Screening: Root Knot Nematodes, *Meloidogyne* spp. 2014. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 27.
21. Ferris H, Carlson HL, Viglierchio R, Westerdahl B, Wu W, Anderson CE, *et al.* Host Status of Selected Crops to *Meloidogyne chitwoodi*. Jour. Nematol.1993; 25(4S): 849--857.
22. Oostenbrink R. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mededeelingen. Landbouwhoogeschool Wageningen. 1966; 66:1-46.
23. Tchabi A, Hountondji FCC, Ogunsola B, Lawouin L, Coyne D, *et al.* The influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on micro-propagated hybrid yam (*Dioscorea* spp.) growth and root knot nematode (*Meloidogyne* spp.) suppression. Int J Curr Microbiol Appl Sci. 2016; 5, 267-281
24. Lu F, Lee C, WANg C. The influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on yam (*Dioscorea* spp.) tuber weights and secondary metabolites content. Perr J. 2015; 3: e126 <https://doi.org/10.7717/perj.126>
25. Pentón-Fernández G, Martín-Martín GJ, Brea-Maure O, Hernández-Santovenia O, Schmidt HP. Efecto de la fertilización orgánica en indicadores morfológicos y agronómicos de dos variedades de *Manihot esculenta* Crantz. Pastos y Forrajes. 2020; 43 (2): 159-168.
26. Ping Y, Li G, Sun H, Zhang Z, Yang R, Sun J. Can arbuscular mycorrhizal fungi and biochar enhance plant resistance to low-temperature stress?. Agronomy Jour. 2021; 113 (2): 1457-1466. <https://doi.org/10.1002/agj2.20520>
27. Gómez L, Rodríguez MG, de la Noval B, Miranda I, Hernández MA. Interacción entre el Ecomic® y una población cubana de *Meloidogyne incognita* en tomate. Rev. Protección Veg. 2008; 23(2): 90-98.
28. Zuhair R, Moustafa YTM, Mustafa NSA, El-Dahshouri MF, Zhang L, Ageba MF. Efficacy of amended vermicompost for bio-control of root knot nematode (RKN) *Meloidogyne incognita* infesting tomato in Egypt. Environmental Technology & Innovation. 2022; 27: 102397. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102397>
29. Pérez Reyes M, Norda Castro EB, Oropesa Scull YS, Pentón Fernández G. Bioabonos con biochar de morera (*Morus alba* L.) en la germinación y desarrollo inicial de *Crotalaria juncea* L. en cepellón. Avances en Investigación Agropecuaria (México). 2023; 27: 51-64. <http://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.05>

**Conflicto de intereses:** Los autores no poseen conflicto de intereses

**Contribución de los autores:** Vaniert Ventura Chávez: **Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Escritura - borrador original.** José E. González Ramírez: **Curación de datos, Investigación.** Ileana Miranda Cabrera: **Análisis formal.** Daine Hernández Ochandía: **Investigación.** Mayra G. Rodríguez Hernández: **Conceptualización, Escritura - borrador original, Redacción: revisión y edición**

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)