

EFFECTO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS EN EL SISTEMA RADICULAR DEL BANANO

EFFECT OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI TO CONTROL NEMATODES ON BANANA ROOT SYSTEM

Carlos López Aguilar¹

E-mail: carlosluis.lopez@outlook.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3076-4979>

Salomón Barrezueta-Unda¹

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

Edison Jaramillo Aguilar¹

E-mail: ejaramillo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

López Aguilar, C., Barrezueta-Unda, S., Jaramillo Aguilar, E. (2022). Efecto de hongos entomopatógenos para el control de nematodos en el sistema radicular del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 107-114. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar los efectos del producto MICOSPLAG® en las funcionalidades de las raíces y la altura de planta de banano. Se aplicó 100 g ha⁻¹ de MICOSPLAG® en siete bananeras en las provincias de Guayas y El Oro. La extracción de raíces se realizó entre la madre y el hijo de sucesión a una profundidad de 30 cm, luego las raíces fueron llevadas a un laboratorio para la cuantificación de nematodos medidos en 100 g de suelo. No existe diferencia significativa entre los valores por provincia de las variables peso de raíces funcionales y no funcionales, tampoco en el porcentaje de raíces funcionales. Pero se obtuvo un incremento del peso de raíces funcionales de 113,75 g a 153 g en las fincas de Guayas y de 121,50 g a 170 g en El Oro. El número de *Radopholus sp.*, al final del experimento fue de 3400 nematodos en Guayas y 1466 nematodos en El Oro. Mientras de *Helicotylenchus sp.*, la población aumentó a 4900 nematodos (Guayas) y de 9930 nematodos (El Oro). Se recomienda el uso de MICOSPLAG para incrementar el peso de raíces funcionales.

Palabras Clave:

*Muscaea*s; *Helicotylenchus spp.*; *Meloidogyne spp.*; nematocida, *Pratylenchus spp.*; suelo; *Radopholus similis*

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effects of the product MICOSPLAG® on root functionalities and banana plant height. A total of 100 g ha⁻¹ of MICOSPLAG® was applied in seven banana plantations in the provinces of Guayas and El Oro. Root extraction was carried out between the mother and son of succession at a depth of 30 cm, then the roots were taken to a laboratory for quantification of nematodes measured in 100 g of soil. There is no significant difference between the values per province of the variables weight of functional and non-functional roots, nor in the percentage of functional roots. However, there was an increase in the weight of functional roots from 113,75 g to 153 g in the Guayas farms and from 121,50 g to 170 g in El Oro. The number of *Radopholus sp.*, at the end of the experiment was 3400 nematodes in Guayas and 1466 nematodes in El Oro. The population of *Helicotylenchus sp.*, increased to 4900 nematodes (Guayas) and 9930 nematodes (El Oro). The use of MICOSPLAG is recommended to increase the weight of functional roots.

Keywords:

*Muscaea*s; *Helicotylenchus spp.*; *Meloidogyne spp.*; nematocide, *Pratylenchus spp.*; soil; *Radopholus similis*.

INTRODUCCIÓN

La producción de *Musa AAA* (banano) a nivel mundial está considerada como una de las fuentes más importantes de ingresos y empleo en todos los países donde se cultiva con fines comerciales (Fiallos-Cárdenas et al., 2022). Por otra parte, su fruta tiene un alto valor nutricional para la población (Fiallos-Cárdenas et al., 2022; Olivares et al., 2020). Estos factores lo convierten en un eslabón importante para la seguridad alimentaria, tanto para los países donde se cultiva como en los mercados internacionales (Soto, 2011).

Sin embargo, para abastecer la demanda de banano a nivel mundial, los agricultores utilizan constantes dosis de fertilizantes para incrementar la producción y de pesticidas para controlar las plagas, entre ellas los nematodos fitoparásitos (Castillo-Arévalo, 2022). Pero este manejo de alto insumos externos enfocado en un modelo de agricultura intensiva, repercute de manera negativa en el suelo, disminuyendo la actividad biológica (Castillo-Arévalo, 2022; Olivares et al., 2020). Por otra parte, muchos de estos patógenos han generado resistencia a los pesticidas (nematicidas, insecticidas y fungicidas). En este marco, fitonematodos y artrópodos al no tener antagonistas, penetran las raíces de los bananos, formando galerías por donde ingresan otros patógenos (hongos, bacterias y virus) que afectando en corto plazo al desarrollo del sistema radicular (Aguirre et al., 2016; Araya y Blanco, 2001).

Las fluctuaciones de la comunidad de nematodos parásitos sean estos endorrizosféricos o ectorrizosféricos, en banano comercial ha sido abordado por varios investigadores, pero no a profundidad en la zona sur del Ecuador (Adriano-Anaya, Herrera-López, Albores-Flores, Salvador-Figueroa, y Velasco-Zebadua., 2008; Aguirre et al., 2016; Chávez-Velazco y Araya-Vargas, 2009). Dadas las condiciones de alta humedad, suelos franco arcillosos y por las aplicaciones de pesticidas pudiera en corto tiempo incrementar las poblaciones de nematodos identificados en banano como: *Radopholus similis*, *Helicotylenchus spp.*, *Meloidogyne spp.* and *Pratylenchus spp.* (Araya y Blanco, 2001; Chávez-Velazco y Araya-Vargas, 2009; Chávez y Araya, 2010). Las características de nematodos identificados en banano se describen a continuación (Tabla 1).

Tabla 1.- Características de los principales nematodos que predominan en la rizosfera del banano

Nematodo	Tipo de parasitismo	Nombre común
<i>Radopholus similis</i> (Cobb)	endoparásito migratorio	Nematodo barrenador
<i>Helicotylenchus spp</i>	ecto-endoparásitos	Nematodo espiral
<i>Meloidogyne spp</i>	endoparásitos sedentarios	Nematodos formadores de agallas radiculares
<i>Pratylenchus coffeae</i>	endoparásito migratorio	Nematodo lesionado de raíces

Fuente: (Guzmán Piedrahita, 2011)

En este ámbito, los fitonematodos son microorganismos que se encuentran en el suelo como parásitos facultativos se controla mediante productos químicos (nematicidas) no selectivos (Araya & Vargas, 2018). La aplicación regular de nematicidas no fumigantes es la práctica más utilizada para el control de nematodos (Aguirre et al., 2016; Lazo-Pérez et al., 2017). Una alternativa al control químico son las prácticas de enmiendas a suelo con abonos orgánicos, pero este manejo es limitado, debido a que no elimina los nematodos solo ocasiona que se alimente de la materia orgánica (Castillo-Arévalo, 2022). Luego su capacidad de patógeno facultativo le permite seleccionar si continúa en la materia orgánica del suelo cuando esta disminuye y se mueva a las raíces del banano (Lazo-Pérez et al., 2017).

Pero existen otras alternativas biológicas que podrían ayudar a afrontar esta problemática, como es el caso de los hongos entomopatógenos como: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae* (Lazo-Pérez et al., 2017). Pero el efecto de estos hongos puede ser mayor al ser aplicadas al suelo como esporas latentes de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* (Vidaurre Barahona et al., 2020). Los hongos entomopatógenos son un amplio grupo de microorganismos que proveen al sistema suelo-planta múltiples servicios, entre estos está la capacidad de regular los fitonematodos de tipo facultativo (Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). El modo de acción de los entomopatógeno es de tipo parasitario, pero previa a la aplicación al suelo, este debe estar con una buena disponibilidad de nutrientes en capacidad de campo (Lazo-Pérez et al., 2017). De esta forma las esporas latentes germinan y se establecen en el suelo y en las raíces, de esta forma se logra una biorregulación en el suelo (Vidaurre Barahona et al., 2020).

Por otra parte, la captura de los hongos con potencial entomopatógenos es complicada y en muchos de los casos, su eficacia es menor al efecto de aplicar abonos orgánicos (Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). Otro problema, está en que no existe la garantía de que se capturen las cepas efectivas de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*. Por este motivo es conveniente utilizar productos presentes en los mercados agrarios de las localidades, pero el efecto de estos productos también tiende a variar entre las diferentes zonas bananeras (Lazo-Pérez et al., 2017; Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). En este aspecto, las plantaciones de banano en suelos franco arenosos en climas de alta humedad y precipitación el efecto de los hongos entomopatógenos puede variar en relación a zona con otras condiciones edafoclimáticas (Lazo-Pérez et al., 2017; Villaseñor et al., 2020).

En este contexto, el objetivo de la investigación fue caracterizar los efectos de la aplicación de hongos entomopatógenos y tratamientos químicos y orgánicos en las funcionalidades de las raíces y la altura del banano en dos provincias en el litoral sur de Ecuador.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en siete predios bananeros en las provincias de Guayas (Balao y Guayaquil) y en El Oro (Machala, Santa Rosa y Pasaje). Todas las fincas bananeras están cultivadas con el clon Cavendish, con manejo convencional bajo un sistema de riego automatizado

y el control fitosanitario mediante aspersión aérea para el hongo de *Mycosphaerella fijiensis*. Los ciclos de fertilización se realizan en función de un análisis de suelo, con una frecuencia de cada 6 semanas. La ubicación geográfica, el clima y tipo de suelo para cada finca se detalla en la siguiente tabla (2).

Tabla 2. Ubicación geográfica y características de clima y suelo de las fincas donde se desarrolló el estudio

Provincia	Cantón	Finca	Coordenadas Geográficas	Clima	Suelo de orden
Guayas	Balao	San José	2°54'22" S/79°48'05" W	Tropical húmedo montano	Entisol
	Balao	Mercedes	2°56'08" S/79°46'35" W	Tropical húmedo montano	Entisol
	Balao	María de Lourdes	2°58'34" S/79°47'28" W	Tropical húmedo montano	Entisol
	Guayaquil	San Antonio	2°59'01" S/79°47'26" W	Tropical húmedo montano	Inceptisol
El Oro	Machala	Primavera	2°13'28" S/79°55'36" W	Tropical húmedo cálido	Alfisol
	Santa Rosa	Santa Rosa	3°25'46" S/79°57'07" W	Tropical húmedo cálido	Alfisol
	Pasaje	La Pio	3°22'24" S/79°50'22" W	Tropical húmedo cálido	Alfisol

Diseño de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y un nivel descriptivo, el diseño correspondió a un experimento cuasi experimental por carecer de testigo (ausente variable independiente en el tratamiento), pero si de un grupo de comparación o control (efecto similar al que produce la variable independiente del tratamiento a comparar). En cada finca se delimitó 2 ha donde se aplicó el producto comercial MICOSPLAG® en una sola dosis de 100 g ha⁻¹, el producto contiene esporas latentes de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*. En la otra hectárea se aplicó los productos del grupo control confirmado por el pesticida Fluopyram (500 cc ha⁻¹) y el hongo *Trichoderma spp* (5 l ha⁻¹). En Tabla 3, se detalla la finca, tratamientos y dosis

Tabla 3. Identificación de las fincas por provincia

Finca	Tratamientos	Dosis
San José	MICOSPLAG ¹ : Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
San José	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
Mercedes	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
Mercedes	Grupo Comparación: Pretest/Postest	Fluopyram 500 cc ha ⁻¹
María de Lourdes	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
María de Lourdes	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
San Antonio	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
San Antonio	Grupo Comparación: Pretest/Postest	Fluopyram 500 cc ha ⁻¹
Primavera	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹

Finca	Tratamientos	Dosis
Primavera	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
La Pio	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
La Pio	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
Santa Rosa	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
Santa Rosa	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹

¹ MICOSPLAG®: esporas latentes de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*

Preparación y aplicación de los tratamientos

Primero se mezcla el MICOSPLAG® en agua, luego se remueve hasta que se mezcle con el agua. A continuación, se colocó la mezcla al equipo de pulverización. Si queda polvo en el fondo, se recomienda repetir la operación. Los productos Fluopyram (nombre comercial: Verano) y *Trichoderma spp* se aplicaron siguiendo la recomendación del fabricante. Todos los productos fueron en capacidad de campo del suelo, luego realizaron tres pasadas en el drench entre la planta madre y el hijo de sucesión con una bomba mochila mecánica, la boquilla utilizada fue tipo abanico número.

Metodología de muestreo

Se realizó de esta forma un recorrido en zig zag en toda la parcela, cada 25 metros se tomó muestras de suelo entre la planta madre y el hijo de sucesión, a una distancia de 25 cm de las plantas se construyó un pozo de 30 cm x 30 cm y por 50 cm de profundidad, obteniendo un volumen de suelo de 13.500 cc. En cada pozo se tomó las raíces se guardan en una funda plástica hasta completar toda la parcela (Chávez-Velazco & Araya-Vargas, 2009). Luego

se lavan las raíces con agua destilada y se trasladan al laboratorio en refrigeración a 18 grados centígrados.

En el laboratorio fueron separadas raíces funcionales (blancas o cremosas que al abrirla no se observaron daños por insectos o aspecto de moho o mal olor) y no funcionales (necrosadas, con presencia de moho, mal olor y fragmentadas). Se procedió a pesar por cada categoría (funcional; no funcional) y luego la suma total de raíces para obtener el porcentaje de raíces funcionales. Luego fueron llevadas al laboratorio NEMALAB, donde se determinó las especies de nematodos presentes en las muestras. En laboratorio se utilizó la técnica del licuado y tamizado con observaciones al microscopio (Chávez-Velazco y Araya-Vargas, 2009).

Previo a la aplicación de cada tratamiento, se realizó una observación pre-test, para medir las variables en estudio: peso de raíces funcionales, peso de no funcionales y porcentaje de raíces funcionales. Después de aplicar los productos se vuelve a realizar la observación (post-test) y se registran los valores de las variables en estudio. Se completó el estudio con la medición de la altura de la planta de sucesión, desde la base del cormo hasta la bifurcación que se forma entre la emisión foliar y el pseudotallo.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis estadístico descriptivo para cada tratamiento y para el grupo control. También se realizó una prueba *T* para identificar las diferencias significativas entre las dos provincias donde se ubican las fincas. El proceso se realizó en una hoja de excel y en el programa SPSS (SPSS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 3, se muestran los valores iniciales de la investigación (pretest), donde se observa diferencias significativas en las variables de *Radopholus spp.*, y *Pratylenchus spa.* ($p > 0,05$). En las otras variables solo se observan diferencias numéricas. El peso y porcentaje de las raíces funcionales determinadas en El Oro fueron de 121,50 g y 43,17 % respectivamente; valores que superaron a los obtenidos en las fincas de la provincia del Guayas (113,75 g; 66,75 %). Mientras que el peso de las raíces no funcionales en Guayas (66,75 g) fue superior al obtenido en El Oro (43,17 g). Araya y Blanco (2001) tampoco encontró diferencias estadísticas en el porcentaje de raíz funcional del banano, pero en finca que se adiciono compost en el hijo de sucesión. Aguirre et al., (2016) explican que la fluctuación en el peso de las raíces funcional y no funcional responden a variables climáticas (precipitación), a las condiciones edáficas y el manejo del cultivo, en este caso la mayor precipitación y suelo de clase textural arcilloso puede incidir en estas variables.

En cuanto a la población de nematodos los valores fueron mayores en las fincas de Guayas. El mayor registro corresponde a *Helicotylenchus sp.*, con 7600 nematodos por 100 g de raíces, seguido por *Pratylenchus sp.*, y *Radopholus spp.*, con 3825 y 3300 nematodos por 100 g de raíces, respectivamente. En El Oro los valores fueron de 6983,33,

766,67 y 2066,67 nematodos por 100 g de raíces para *Helicotylenchus sp.*, *Pratylenchus sp.*, y *Radopholus spp.*, respectivamente. Por otra parte, *Meloidogyne sp.*, fluctuó 1250 y 1016 nematodos por 100 g de raíces para Guayas y El Oro, respectivamente. La cantidad de nematodos *Radopholus spp.*, y *Helicotylenchus sp.*, contrasta con las determinadas por Araya y Vargas (2018) y por Aguirre et al., (2016) en fincas de Costa Rica y Ecuador, donde la distribución porcentual en las raíces del banano es dominada por *Radopholus sp.* Adriano-Anaya et al., (2008) en estudios realizados en Chiapas, México indican que en fincas con más de años de explotación el número de nematodo del género *Radopholus sp.*, varía entre 2030 a 15556 nematodos en 100 g de raíz. Para Adriano-Anaya et al., (2008) los valores de nematodos parásitos en banano deben sobrepasar los 10000 especímenes por 100 g de suelo.

Tabla 3. Prueba T para las variables raíz funcional, raíz no funcional, porcentaje de raíz funcional y nematodos

Variables	Provincia	Media	Desv. Desviación	Sig. 0,05
Raíz funcional	Guayas	113,75	50,87	0,375
	El Oro	121,50	88,63	
Raíz no funcional	Guayas	66,75	37,05	0,489
	El Oro	43,17	44,68	
%Raíz funcional	Guayas	60,31	11,27	0,386
	El Oro	73,52	14,35	
Radopholus sp.	Guayas	3300,00	3308,98	0,003
	El Oro	2066,67	1154,70	
Helicotylenchus sp.	Guayas	7600,00	4444,62	0,711
	El Oro	6983,33	6328,84	
Meloidogyne sp.	Guayas	1250,00	1353,51	0,203
	El Oro	1016,67	916,35	
Pratylenchus sp.	Guayas	3825,00	4969,71	0,01
	El Oro	766,67	790,09	

El peso de raíces funcionales después de aplicar el tratamiento con MICOSPLAG y la *Trichoderma sp.*, en el grupo control aumentó de 121,50 g (pretest, Tabla 3) a 133,67 g y 173 g postest en El Oro (Figura 1A). Mientras que el grupo control disminuye el peso de raíces funcionales de 113,75 g (pretest, Tabla 3) a 88,25 g de raíces, pero en el tratamiento con MICOSPLAG el incremento fue de 153 g de raíces funcionales como se observa en la Figura 1A. Valores muy superiores a los determinados por Vargas et al., (2015) que variaron entre 27 g a 30 g en tratamientos con *Trichoderma sp.* y nematicidas químicos.

Las raíces no funcionales después de aplicar los tratamientos muestran valores superiores en MICOSPLAS (Guayas 75 g de raíces funcionales; El Oro 70,67 g de raíces funcionales). En el caso de los productos aplicados en el grupo control los valores fueron 48,5 g de raíces no funcionales (Figura 1B), efecto que puede estar relacionado al suelo y al manejo de las plantaciones. En suelos muy pesados con continuos turnos de riego pueden causar pudrición de la masa radicular en los primeros 15 cm del suelo (Lazo-Pérez et al., 2017).

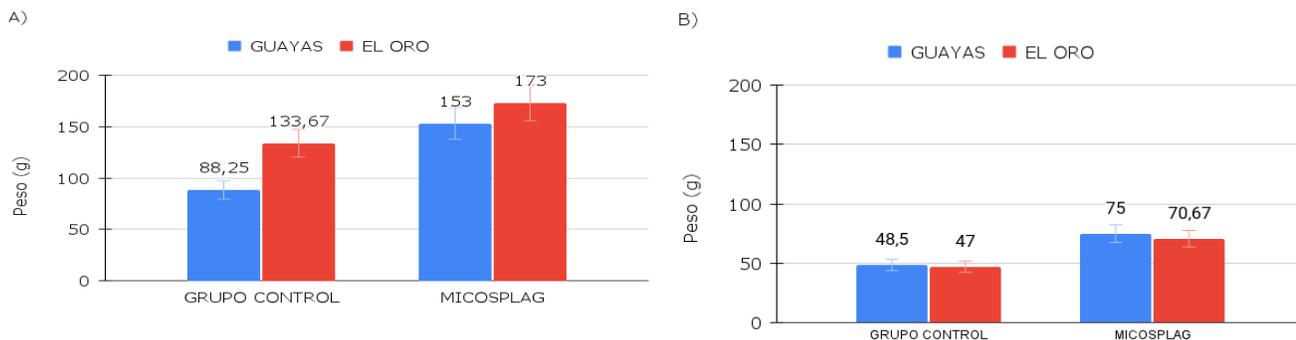


Figura 1. Estado sanitario de raíces: A) Peso (g) de Raíces funcionales; B) Peso (g) de Raíces no funcionales

El porcentaje de raíces funcionales postest, se incrementó en Guayas tanto en el grupo control como en las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG. En El Oro este porcentaje bajó a 68,49 % frente al pretest, mientras que en el grupo control el porcentaje subió a 76,10 %. Los porcentajes de raíces funcionales fueron inferiores a los encontrados por Vargas et al., (2015) con valores en tratamientos con *Trichoderma spp.* de 79 % de raíces funcionales. Los trabajos de Vargas et al., (2015) y Vargas-Calvo (2014), indican que el porcentaje de raíz funcional se incrementa en tratamiento con nematicidas (>80%).

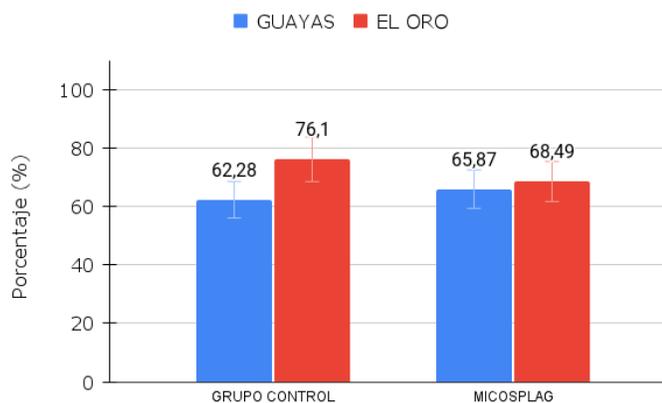


Figura 2. Porcentaje (%) de raíces

El número de nematodos en el registro postest se incrementó en Guayas con relación a los valores de *Radopholus sp.*, contabilizados en 100 g de raíces. En las parcelas tratadas con MICOSPLAG en Guayas fue de 3400 nematodos y en El Oro de 1466 nematodos, valores inferiores con relación al grupo control, donde se registró para Guayas 5500 nematodos y para El Oro 2533 nematodos (Figura 3A). Estos valores fueron bajos con relación a las mediciones de Araya et al., (2014) y Torres et al., (2016), que contabilizó más de 20000 nematodos por 100 g de raíz, en un control con enmiendas orgánicas y 9975

nematodos en 100 g de raíz, tratados con nematicidas, en ambos casos sembrados en domos.

Este efecto de incremento postest no se observó en *Meloidogyne sp.* Para las fincas de Guayas los valores fueron de 1000 nematodos *Meloidogyne sp.*, en 100 g de raíz para el tratamiento con MICOSPLAG y el grupo control. En El Oro los valores de *Meloidogyne sp.* se redujeron de 733,33 nematodos (MICOSPLAG) y 533,33 (Grupo Control). Valores altos en relación con los registros de Araya et al., (2014) y Araya y Vargas (2018), pero estos resultados de *Meloidogyne sp.*, igual es bajo (> 1000 nematodos por 100 g de suelo, umbral crítico) y puede estar relacionado como lo explica Chávez y Araya (2010) a una competencia con *Radopholus sp.*, nematodo encontrado en los nódulos que forman en las raíces, espacio habitual donde se encuentran *Meloidogyne sp.*

Para *Pratylenchus sp.*, los valores en Guayas se redujeron considerablemente (MICOSPLAS 450; Grupo Control 400) con respecto al registro pretest. Pero en El Oro los valores de *Pratylenchus sp.*, se incrementaron 933,33 nematodos (MICOSPLAG) y 800 nematodos (Grupo Control). Valores bajos en relación con los registros de Araya et al., (2014). Araya et al., (2014) también indica que la fluctuación de este nematodo tiene relación con la precipitación, hecho que corrobora Sundararaju (2002), al registrar la fluctuación población en banano de varias especies de *Pratylenchus sp.*, en banano y otros cultivos en la India.

El número de *Helicotylenchus sp.*, descendió en las fincas de Guayas a 4900 nematodos en 100 de raíz en el grupo control, mientras que las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG la población se incrementaron considerablemente en El Oro (9930 nematodos). Aunque *Helicotylenchus sp.*, es un nematodo que en orden de prevalencia es segundo después de *Radopholus sp.*, su capacidad de ectoparásito migratorio puede que este número de nematodos no afecte de manera significativa a las raíces, debido que el porcentaje de raíces funcionales se incrementó. Por otra parte, el ciclo de vida es más largo en *Helicotylenchus sp.*, (45 días) en comparación con *Radopholus sp.*, que solo demora 26 días (Araya & Vargas, 2018). En este caso cuando se realizó el

muestreo pretest, la población de *Helicotylenchus sp.*, se encontraba en la fase biológica de huevo.

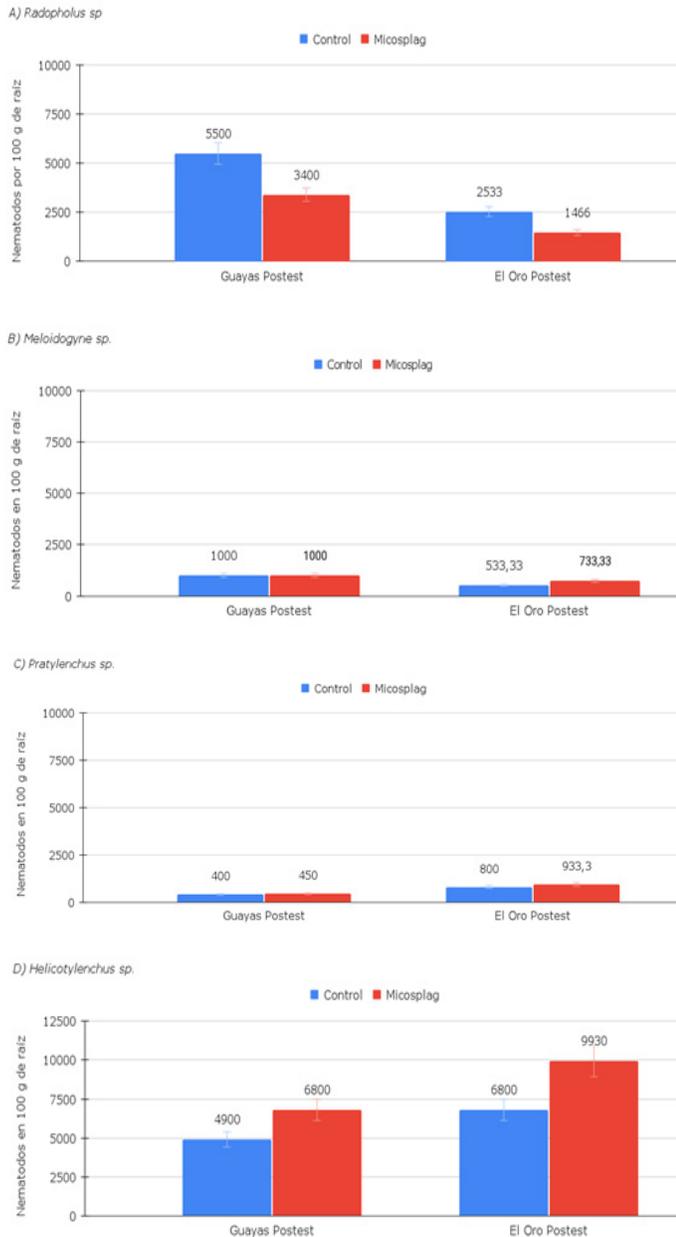


Figura 3. Cuantificación de nematodos en raíces: A) *Radopholus sp.*; B) *Meloidogyne sp.*; C) *Pratylenchus sp.*; d) *Helicotylenchus sp.*

Los valores pretest en las fincas de Guayas variaron entre 1,12 m a 1,17 m en el tratamiento MICOSPLAG y de 1,13 m a 1,19 en el grupo control (Figura 4A). Se observa un mayor crecimiento en el tratamiento con MICOSPLAG postest, el mayor valor fue de 1,49 m, seguido de 1,41 m, mientras en el grupo control los valores más altos fueron de 1,36 m y 1,35 cm. En El Oro, los valores pretest fluctuaron entre 1,06 m y 1,24 m para el tratamiento MICOSPLAG y entre 1,15 m y 1,35 m para el grupo control valores que

se incrementaron entre 1,25 m y 1,49 m y de 1,29 m a 1,41 m, respectivamente. Valores de crecimiento adecuados para las ocho semanas de observación entre el pretest y el postest (Quevedo-Guerrero et al., 2019). Par Rodríguez et al., (2006) crecimiento de la planta sucesora está en relación con la planta madre, en este caso las plantas no fueron cosechadas al momento de tomar los datos; por tanto, el crecimiento pudo estar limitado a este factor. Por otra parte, el aumento en la altura del hijo de sucesión está dado por el aumento de la biomasa radicular como lo indica

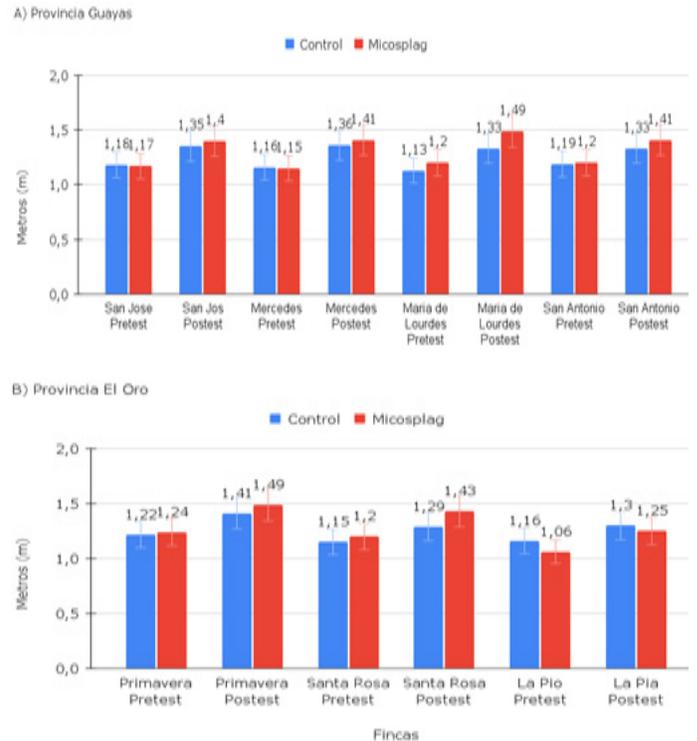


Figura 4. Crecimiento de la planta de sucesión de banano: A) Provincia Guayas; B) Provincia El Oro.

CONCLUSIONES

No existe diferencia significativa entre los valores por provincia de las variables peso de raíces funcionales y no funcionales, tampoco en el porcentaje de raíces funcionales. Pero se obtuvo un incremento a favor del tratamiento con MICOSPLAG del peso de raíces funcionales de banano en las fincas bananeras de Guayas y El Oro. El porcentaje de raíces funcionales en Guayas se incrementó en más de 5% con respecto a la medición previa en las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG, pero en El Oro esta variable fue mayor en el grupo control, pero con valores inferiores al determinado en la medición pretest.

La mayor población de nematodos en 100 g de suelo fue *Helicotylenchus sp.*, registro que no concuerda con otras investigaciones donde *Radopholus sp.* es el nematodo con mayor número de individuos. Aunque los valores de *Radopholus sp.*, *Meloidogyne sp.*, *Pratylenchus sp.*, no

sobrepasan los umbrales críticos que describen otros investigadores.

El crecimiento de los hijos de sucesión fue mayor en las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG, siendo los valores muy próximos entre las fincas de la provincia de Guayas y El Oro.

Se recomienda el uso de MICOSPLAG para fortalecer el estado de sanidad de las raíces y para el control de nematodos, pero en combinación de otros y prácticas agrícolas para incrementar el efecto de este consorcio de hongos entomopatógenos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriano-Anaya, M. D. L., Herrera-López, D., Albores-Flores, V., Salvador-Figueroa, M., & Velasco-Zebadua, M. E. (2008). Nematodos endorrizosféricos del banano (Musa AAA. subgrupo Cavendish) clon Grande naine en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 147-152.
- Aguirre, O., Chávez, C., Giraud, A., & Araya, M. (2016). Frequencies and population densities of plant-parasitic nematodes on banana (Musa AAA) plantations in Ecuador from 2008 to 2014. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 61-73. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1.53915>
- Araya, M., & Blanco, F. (2001). Changes in the stratification and spatial distribution of the banana (musa aaa cv. grand naine) root system of poor, regular, and good developed plants. *Journal of plant nutrition*, 24(11), 1679-1693. <https://doi.org/10.1081/PLN-100107306>
- Araya, M., Tapia, A., Mata, R., Serrano, E., & Acuña, O. (2014). Efecto de la aplicación de compost y nematocida sobre la dinámica de las poblaciones de microorganismos, nematodos fitoparásitos del suelo y la salud del sistema radical en el cultivo del banano (Musa aaa) sembrado en domos. *Agronomía Costarricense*, 38(2), 93-105.
- Araya, M., & Vargas, R. (2018). Frecuencia y densidades poblacionales de nematodos parásitos en plantaciones comerciales de banano (Musa AAA) muestreadas en el intermedio madre-hijo y al frente del hijo de sucesión. *Corbana*, 44(64), 71-96.
- Castillo-Arévalo, T. (2022). Alternativas biológicas y químicas para el manejo de Fitonematodos en cultivo de plátano AAB (Musa paradisiaca L.) en Rivas, Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe*, 28(01), 95-102. <https://doi.org/10.5377/ruc.v28i01.14449>
- Chávez, C., & Araya, M. (2010). Spatial-temporal distribution of plant-parasitic nematodes in banana (Musa AAA) plantations in Ecuador. *Journal of applied biosciences*, 33, 2057-2069.
- Chávez-Velazco, C., & Araya-Vargas, M. (2009). Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (Musa AAA) en Ecuador. *Agronomía mesoamericana*, 20(2), 361-369.
- Fiallos-Cárdenas, M., Pérez-Martínez, S., & Ramirez, A. D. (2022). Prospectives for the development of a circular bioeconomy around the banana value chain. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 541-555. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.014>
- Guzmán Piedrahita, O. (2011). El nematodo barrenador (Radopholus similis [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Luna Azul*, 33, 136-153. Lazo-Pérez, Y., Morales-Moreno, A., Elizabeth, G.-O. D. G. O.-V., Quintana-Crespo, Y., & I García-Arteaga, Y. (2017). Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de Musa paradisiaca variedad valery. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(3), 191-200.
- Motta-Delgado, P. A., & Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 77-90.
- Olivares, B. O., Araya-Alman, M., Acevedo-Opazo, C., Rey, J. C., Cañete-Salinas, P., Kurina, F. G., Balzarini, M., Lobo, D., Navas-Cortés, J. A., Landa, B. B., & Gómez, J. A. (2020). Relationship Between Soil Properties and Banana Productivity in the Two Main Cultivation Areas in Venezuela. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(4), 2512-2524. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00317-8>
- Quevedo-Guerrero, J., Delgado-Pontón, A., & Tuz-Guncay, I. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paradisiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 190-197.
- Rodríguez, C., Cayón, G., & Mira, J. J. (2006). Influencia del pseudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (Musa AAA Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 24(2), 274-279.
- Soto, M. (2011). Situación y avances tecnológicos en la producción bananera mundial. *Revista Brasileira de fruticultura*, 33(spe1), 6. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500004>
- SPSS. (2013). *SPSS Statistics for Windows* (Versión 21) [Computer software]. IBM Corp. <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/spss-predictive-analytics-enterprise>

- Sundararaju, P. (2002). Fluctuaciones estacionales de *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* en ciertos cultivares de banano. *Infomusa*, 11(1), 16-18. Torres, Y., Pablos-Heredero, C., Morantes, M., Rangel, J., Espinosa, J. A., Angón, E., & García, A. (2016). El papel de la mujer en la explotación de ganado bovino de doble propósito en Ecuador. *Archivos de Zootecnia*, 65(251), 309-314.
- Vargas-Calvo, A. (2014). Efecto del desmane intensivo sobre el desarrollo del racimo de banano. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 85-98. <https://doi.org/85-98.2014>
- Vargas, R., Wang, A., Obregón, M., & Araya, M. (2015). Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematocida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 61-76.
- Villaseñor, D., Prado, R., Pereira da Silva, G., Carrillo, M., & Durango, W. (2020). DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. *Journal of plant nutrition*, 43(18), 2785-2796. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>